

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANA BİLİM DALI

**EĞİTİM BİNALARINDA ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ KULLANIMLARINA BAĞLI
ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEMRA BAKKAL

**HAZİRAN 2019
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mimarlık Anabilim Dalında
Semra BAKKAL Tarafından Hazırlanan**

**EĞİTİM BİNALARINDA ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ KULLANIMLARINA
BAĞLI ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. İdil AYÇAM

Üye : Doç. Dr. Nihan ENGİN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sibel MAÇKA KALFA


.....
.....
.....

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Eğitim binalarında enerji etkin iyileştirmenin teknolojik ve yenilikçi yöntemlerle ele alındığı bu çalışma Samsun ili iklim koşullarında en etkin iyileştirme senaryosunu ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda enerji etkin iyileştirme kararlarının alınması binalarda en büyük ısı kayıp ve kazançlarının meydana geldiği bina kabuğu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında hazırlanmıştır.

Tez çalışması boyunca bilgi ve deneyimleriyle yönlendirmelerinden, sabır ve anlayışından ötürü danışman hocam sayın Dr. Öğretim Üyesi Sibel Maçka Kalfa'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte destek ve ilgileriyle her zaman yanımda olan aileme ve dostlarıma, yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.

Semra Bakkal

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Eğitim Binalarında Enerji Etkin İyileştirme Önerileri: Samsun’da bir Lise Binası Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Sibel Maçka Kalfa ‘nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 18/06/19

Semra Bakkal

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER.....	12
1.1. Giriş.....	12
1.2. Amaç ve Kapsamı	14
1.3. Eğitim Binaları	15
1.3.1. Eğitim Binaları Gelişim Süreci	15
1.3.2. Eğitim Binaları Tasarım Süreci ve Gereksinimler.....	17
1.4. Enerji Etkin Eğitim Binaları.....	19
1.4.1. Enerji Etkin Eğitim Binaları Örnekleri	22
1.5. Enerji Etkin Eğitim Binaları Tasarım Kriterleri.....	33
1.5.1. Yenilikçi Teknolojiler ve Yenilenebilir Enerji Sistemleri	36
1.6. Standartlar, Yönetmelikler ve Derecelendirme Sistemleri.....	41
1.6.1. Uluslararası Standart ve Yönetmelikler	41
1.6.2. Ulusal Standart ve Yönetmelikler	43
1.6.3. Bina Derecelendirme Sistemleri.....	44
1.7. Enerji Simülasyon Programları ve Karşılaştırılması	47
1.8. Mevcut Eğitim Binalarının Enerji Etkin Yenilenmesi	50
1.8.1. Mevcut Eğitim Binalarının Enerji Etkin Yenilenmesinin Önemi	50
1.8.2. Mevcut Eğitim Binalarında Enerji Etkin İyileştirme Yöntemleri	52
1.8.2.1. Duvar konstrüksiyonu iyileştirme	52
1.8.2.2. Pencere Konstrüksiyonu İyileştirme	52
1.8.2.3. Gölgeleme Elemanı Kullanımına Bağlı İyileştirme	53
1.8.2.4. Çift Kabuk Cephe Kullanımına Bağlı İyileştirme.....	54
1.9. Literatür Araştırması	56

2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	59
2.1.	Yöntem	59
2.1.1.	Konumsal ve İklimsel parametreler	62
2.1.2.	Yönlenme	62
2.1.3.	Mevcut eğitim binası tanıtımı.....	64
2.1.4.	Enerji Etkin İyileştirme Senaryoları	69
2.1.4.1.	Bina Kabuğu ile ilgili İyileştirme Senaryoları	69
2.1.4.2.	Çift Kabuk Cephe Kullanımına Bağlı İyileştirme Senaryoları	70
2.1.4.3.	Çift Kabuk Cephe ve PV Panel Kullanımına Bağlı İyileştirme Senaryoları.....	71
2.1.4.4.	Çift Kabuk Cephe ve Yeşil Cephe Kullanımına Bağlı İyileştirme Senaryoları	72
2.2.	İyileştirme Senaryolarının Yıllık Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Yüklerinin Hesabı.....	73
2.2.1.	Isıtma Yüklerine Göre Senaryoların Karşılaştırılması	73
2.2.2.	Soğutma Yüklerine Göre Senaryoların Karşılaştırılması	77
2.2.3.	Aydınlatma Yüklerine Göre Senaryoların Karşılaştırılması	81
2.2.4.	Yıllık Birincil Toplam Enerji Yüküne Göre Senaryoların Karşılaştırılması.....	85
2.2.5.	Senaryolarda Yer Alan Güney Yönündeki Dersliklerin Aydınlatma Haritalarının Karşılaştırılması.....	90
2.2.6.	Enerji Etkinlik Performansı Açısından Optimum Sonucu Veren Senaryolar ve Grafik Olarak Karşılaştırılması	92
3.	BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	93
3.1.	Senaryoların Isıtma Enerjisi Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi	93
3.2.	Senaryoların Soğutma Enerjisi Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi	95
3.3.	Senaryoların Aydınlatma Enerjisi Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi....	98
3.4.	Senaryoların Yıllık Birincil Enerji Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi.	100
4.	SONUÇLAR	103
5.	ÖNERİLER	107
6.	KAYNAKLAR.....	108
7.	EKLER	114
	ÖZGEÇMİŞ.....	130

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

EĞİTİM BİNALARINDA ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ KULLANIMLARINA BAĞLI ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

SEMRA BAKKAL

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Sibel MAÇKA KALFA
2019, 113 Sayfa, 16 Ek Sayfa

Tüm dünyada artan enerji ihtiyacı yenilenemez fosil tabanlı enerji kaynakları kullanımını arttırmış ve bu durum çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Sanayide, binalarda ve ulaşımda tüketilen enerji sonucunda atmosfere verilen CO₂ ve sera gazları miktarı da her geçen gün artmaktadır. Enerji tüketimi ve çevre sorunlarına binaların sebep olduğu payı azaltmak için; binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını mümkün hale getirmek gerekmektedir. Bu konuda çözüme yönelik yaklaşımlar binaların enerji etkin tasarlanması ve var olan binaların enerji etkin iyileştirilmesi yönündedir.

Bu çalışmada bina stoğunun önemli bir kısmını oluşturan ve kamusal binalar içinde enerji tüketiminin %15 'inden sorumlu olan eğitim binalarından Milli Eğitim Bakanlığı 24 derslikli tip lise binası projesinin enerji etkin iyileştirilmesi Samsun iklim koşullarında ele alınmıştır. Binanın enerji etkin iyileştirilmesi ısı kayıp ve kazançlarının yoğun olarak meydana geldiği bina kabuğu üzerinden geliştirilen önerilerle sağlanmıştır. Bina kabuğunun enerji etkinliğinin artırılmasında teknolojik ve yenilikçi yaklaşımlarla çift kabuk cephe senaryoları üretilerek, bu senaryoların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji tüketimleri hesap edilmiştir. Hesaplamalarla elde edilen veriler karşılaştırılarak uygulanabilecek en etkin çift kabuk cephe senaryosu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji etkin iyileştirme, Eğitim binası, Çift Kabuk Cephe Sistemi

Master Thesis

SUMMARY

ENERGY EFFECTIVE IMPROVEMENT RECOMMENDATIONS RELATED TO THE USE OF DOUBLE SKIN FACADE SYSTEMS IN EDUCATIONAL BUILDINGS

Semra BAKKAL

Karadeniz Technical University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Architecture Graduate Program

Supervisor: Assistant. Prof. Sibel MAÇKA KALFA

2019, 113 Pages, 16 Added Pages

Increasing energy demand throughout the world has increased the use of non-renewable fossil-based energy sources and this has led to environmental problems. The amount of CO₂ and greenhouse gases emitted to the atmosphere as a consequence of the energy consumed in industry, buildings and transportation increases with each passing day. The use of renewable energy sources in buildings should be made possible to reduce the share of energy consumption and environmental problems caused by buildings. Solution-oriented approaches to this issue are in the direction of energy efficient design of buildings and energy efficient improvement of existing buildings.

In this study, the energy efficient improvement of 24 classrooms-type educational building project, which is one of the public buildings that constitute an important part of the building stock, is discussed in Samsun climate conditions. The energy efficient improvement of the building has been provided by the suggestions developed through the building shell, where heat losses and gains occur intensively. Double skin facade scenarios were produced in order to increase the energy efficiency of building shell by using technological and innovative approaches, heating, cooling, lighting and annual primary energy consumption of these scenarios were calculated. The most effective double skin facade scenario was obtained by comparing the results.

Key Words: Energy-Efficient Improvement, Educational building, Double-Skin Facade System

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Eğitim binalarının skolastik dönemden sekiz yıllık zorunlu eğitime geçiş dönemine kadar değişimi	16
Şekil 2. Eğitim binaları tasarım ve planlama ilkeleri	19
Şekil 3. Enerji etkin eğitim binası bileşenleri.....	20
Şekil 4. Enerji etkin eğitim binası tasarım kriterleri.....	33
Şekil 5. Dünyada ve Türkiye'de kullanılan eğitim binaları form tipolojileri (Salvalai, 2017)	35
Şekil 6. Dış güneş kontrol elemanı örnekleri (Stack, Goulding, Lewis; 2010).....	54
Şekil 7. İş akış şeması.....	61
Şekil 8. Mevcut eğitim binası yönlendirme alternatifleri	62
Şekil 9. Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	74
Şekil 10.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	74
Şekil 11.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	75
Şekil 12.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	76
Şekil 13.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	78
Şekil 14.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	78
Şekil 15.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	79
Şekil 16.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması.....	80
Şekil 17.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması.....	80
Şekil 18.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması.....	81
Şekil 19.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	82
Şekil 20.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	82
Şekil 21. Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	83
Şekil 22. Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması.....	84
Şekil 23.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	84
Şekil 24.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	85

Şekil 25.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması	86
Şekil 26.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması	87
Şekil 27. Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması	88
Şekil 28.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması	88
Şekil 29.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması	89
Şekil 30.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması	89
Şekil 31.Çift kabuk cephe sistemi optimum senaryoların karşılaştırılması.....	92
Şekil 32.Çift kabuk cephe sistemlerin 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarının ısıtma enerjisi yükü performans yüzdeleri	93
Şekil 33.Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğindeki senaryoların soğutma yükü performansı yüzdeleri.....	96
Şekil 34.Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğindeki senaryoların aydınlatma enerjisi yükü performans yüzdeleri	98
Şekil 35.Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğindeki senaryoların yıllık birincil enerji yükü performans yüzdeleri	101

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Enerjietkin eğitim binalarının yararları	21
Tablo 2.Uluslararası ve ulusal enerji etkin eğitim binaları örnekleri	22
Tablo 3.İncelenen eğitim binalarında alınan enerji etkin önlemler	32
Tablo 4.Çift kabuk cephe sistem ve enerji etkin özellikleri	38
Tablo 5.Uluslararası enerji etkinliği direktif, protokol, standart ve yönetmelik örnekleri..	41
Tablo 6.Ulusal enerji etkinliği standart ve yönetmelik örnekleri	43
Tablo 7.Bina derecelendirme sistemleri	44
Tablo 8.Bina enerji simülasyon programları	47
Tablo 9.Bina enerji simülasyon programları ve dikkate alınan parametreler.....	50
Tablo 10.Literatürde incelenen çalışmaların analizi.....	58
Tablo 11.Çalışmada önerilen bina kabuğu özellikleri ve dikkate alınan parametreler	60
Tablo 12.Mevcut binanın farklı yönlendirmelere göre enerji giderleri	63
Tablo 13.Mevcut binanın farklı yönlendirmelere göre enerji giderleri (kWh/m ²)	63
Tablo 14.Mevcut lise binasının kat planları ve işlevsel dağılımı	65
Tablo 15. Mevcut lise binası bina kabuk bileşenleri ve termofiziksel özellikler	67
Tablo 16.Çift kabuk cephe sistem uygulama yeri-Öneri 1	71
Tablo 17.Çift kabuk cephe sistem+PV panel uygulama yeri-Öneri 2.....	72
Tablo 18.Çift kabuk cephe sistem+Yeşil panel cephe uygulama yeri-Öneri 3	73
Tablo 19.Aydınlatma haritalarının karşılaştırılması	90
Tablo 20.Çift kabuk cephe sistem öneri 1 parametrelerin etki dereceleri	105
Tablo 21.Çift kabuk cephe sistem öneri 2 parametrelerin etki dereceleri	106
Tablo 22.Çift kabuk cephe sistem öneri 3 parametrelerin etki dereceleri	106

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers / Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği
Ar	: Argon gazı
B	: Batı
BEP-TR	: Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesap Metodu
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method / Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu
CIBSE	: The Chartered Institution of Building Services Engineers / Bina Hizmetleri Mühendisleri Kurumu
CO₂	: Carbon dioxide / Karbondioksit
CONTAM	:Coupling the Multizone Airflow and Contaminant Transport
DAYSIM	:Advanced Daylight simulation software
D	: Doğu
DGNB	: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EPBD	:Energy Performans of Building Directive
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning
G	: Güney
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
Green Star (SA)	: Environmental Rating System of South Africa (It includes “4-Star, 5 Star and 6-Star” ratings) / Güney Afrika Çevre Değerlendirme Sistemi (“4-Yıldız, 5-Yıldız ve 6-Yıldız” derecelerini içerir)
K	: Kuzey
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
Kr	: Kripton gazı
kWh	: kilowatt saat (enerji birimi)

LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design / Enerji Yönetimi ve Çevresel Tasarım
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
PV	: Fotovoltaik Panel
SBTool	: Sustainable Building Tool
USGBC	: The U.S. Green Building Council



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Küresel düzeyde enerji tüketimi, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışından kaynaklı bina stoğundaki kontrolsüz büyümeye bağlı olarak her geçen gün artmaktadır. Enerji tüketiminde ki bu artış yenilenemez enerji kaynaklarının (kömür, petrol, doğalgaz, nükleer enerji) kullanımının artışına neden olmakta ve bundan dolayı çevresel kirlilik, atmosferdeki sera gazı miktarının artışı, bu artışa bağlı ozon tabakasının incelmeye ve küresel ısınma gibi birçok çevresel probleme neden olmaktadır (URL-3, 2018). Bu çevresel problemlerin etkilerinin azaltılması için gerekli enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgar, su vb.) elde edilmesi, gelecek için son derece önem arz etmektedir. Ancak, yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji elde edilmesinde; maliyetin yüksek olması, sınırlı kaynak alt yapısı, depolanmasında karşılaşılan zorluklar ve aralıklı olarak elde edilebilir olmaları sebebi ile yenilenemez fosil tabanlı enerji kaynakları kullanımı günümüzde daha çok tercih edilmektedir (Bayraç, 2009).

Yenilenemez fosil tabanlı kaynakların kullanımını incelendiğinde, kullanım oranı olarak birinci sırada olan petrolün üretiminin 2013 yılından günümüze kadar olan süreçte en yavaş büyüme oranını gösterdiği görülmektedir. Ancak buna rağmen dünyada petrol tüketimi 2016 yılında % 1,6 oranında artmıştır. Son yıllardaki enerji tüketimindeki artış incelendiğinde dünyada birincil enerji tüketiminin 2014 yılında %1 oranında, 2015 yılında %0,9 oranında, 2016 yılında ise %1 oranında arttığı görülmektedir (URL-3, 2018).

Binalarda Enerji Etkinliği Avrupa Birliği Mevzuatı'nı (2016), sektörel enerji tüketim oranları açısından, inşaat ve sanayi sektörünün en önemli paya sahip olduğu ifade edilmektedir. Diğer yandan bu raporda Avrupa'da enerji tüketiminin %40'ından ve CO2 salınımının %36'sından binaların sorumlu olduğu da ortaya konmuştur. Enerji Etkinliği mevzuatının bir parçası olan Avrupa Birliği Enerji stratejileri yol haritasına göre (2016), mevcut bina stoğunun %35'i, 50 yıl önce inşa edilmiştir ve bu binalar, yeni binalara oranla 5 katı daha fazla fosil tabanlı enerji kaynağı tüketimine neden olmaktadır (URL-1, 2016).

Dünya genelinde binalar ve inşaat sektörü tüketilen enerjinin %36'sından ve CO2 salınımının %40'ından sorumlu iken ülkemizde bu oran sırasıyla %40 ve %36'dır. Gelişen ve değişen dünyada inşaa faaliyetleri ve bina talebindeki artış her geçen yıl %3 civarında artış

göstermektedir. Bu durumda binaların enerji tüketimindeki payının her geçen yıl artması kaçınılmazdır. (URL-4, 2018)

Avrupa Birliği Enerji stratejileri yol haritasında 2020 yılı enerji etkinliği hedeflerine ulaşmada binalarla ilgili yapılan tespitler sonucunda binalarda enerji etkinliği ile ilgili bir takım önlemler geliştirilmiştir. Bu önlemler bir dizi strateji, direktif ve yönetmeliklerle belirlenmiştir. AB Enerji Etkinliği Mevzuatının hedeflerini belirleyen Avrupa birliği binalarda enerji performansı direktifinde bütün binaların enerji verimli inşa edilmesinin önemi, tüm bina stoğunun yenilenmesi gerekliliği dikkat çekmektedir. Ayrıca bu direktifte kamu binaları ile ilgili farklı düzenlemeler de yer almaktadır. Kamu binalarının her yıl en az %3 ünün yenilemeye tabi tutulması zorunlu kılınırken, bu binaların çevre dostu, enerji verimli binalar olduğunu gösterir performans sertifikalarının bulundurulması ve halkın göreceği şekilde sergilenmesini öngörmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda binalarda enerji verimliliğini arttırarak Avrupa’da toplam enerji tüketiminin 2020 yılına kadar % 5-6 oranında azaltılabileceği tahmin edilmektedir.

Avrupa birliği 2002 yılında binaların enerji performansını değerlendirmek amacıyla Binalarda Enerji Performansı Direktifi yayınlamıştır. Bu direktifin Avrupa birliğine üye her ülkenin kendi ulusal standartlarında yeni yapılacak olan ve mevcut olan binaları göz önüne alarak yasal düzenlemelerini ve bina enerji performansı hesaplarını yapmalarını öngörmüştür. Türkiye 2007 yılında Enerji verimliliği kanunu ve 2008 yılında Binalarda Enerji Performansı yönetmeliği ile birlikte Avrupa EPBD uygun yasal düzenlemelerini yapmıştır. Ayrıca ülkemizde koşullara uygun bir bina enerji performansı ulusal hesap metodu olan Bep-tr geliştirilmiştir.

Türkiye’de eğitim binaları kamu yapıları içinde toplam enerji tüketiminin %15’inden sorumludur. Milli eğitim bakanlığı istatistiklerine göre 2017-2018 eğitim-öğretim yılında 65.564 okul binası ve 17 milyon 319 bin 433 öğrenci, 1 milyon 5 bin 380 öğretmen faaliyette bulunmuştur. Bu doğrultuda eğitim binalarının enerji tüketimindeki etkinliği göz önüne alınırsa ve EPBD gereklerine uygun olarak kamu binaları enerji verimliliği yasal düzenlemelerinin 2007 yılı enerji verimliliği çerçevesindeki hedeflerine ulaşmada mevcut eğitim binalarının enerji etkin yenilenmesinin gerekliliği açıkça görülmektedir.

1.2. Amaç ve Kapsamı

Eğitim binalarında enerji etkin iyileştirmenin teknolojik ve yenilikçi yöntemlerle ele alındığı bu çalışma Samsun ili iklim koşullarında en etkin iyileştirme senaryosunu ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda enerji etkin iyileştirme kararlarının alınması binalarda en büyük ısı kayıp ve kazançlarının meydana geldiği bina kabuğu üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada Milli Eğitim Bakanlığı Li24 kodlu tip lise binası projesinin Samsun'da en etkin yönlenme durumunun belirlenmesi, mevcut enerji tüketiminin azaltılması için öneriler geliştirilmesi, her bir öneriye ait senaryoların enerji simülasyonlarının yapılarak karşılaştırılması ve en etkin senaryonun belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmanın adımları aşağıdaki gibidir;

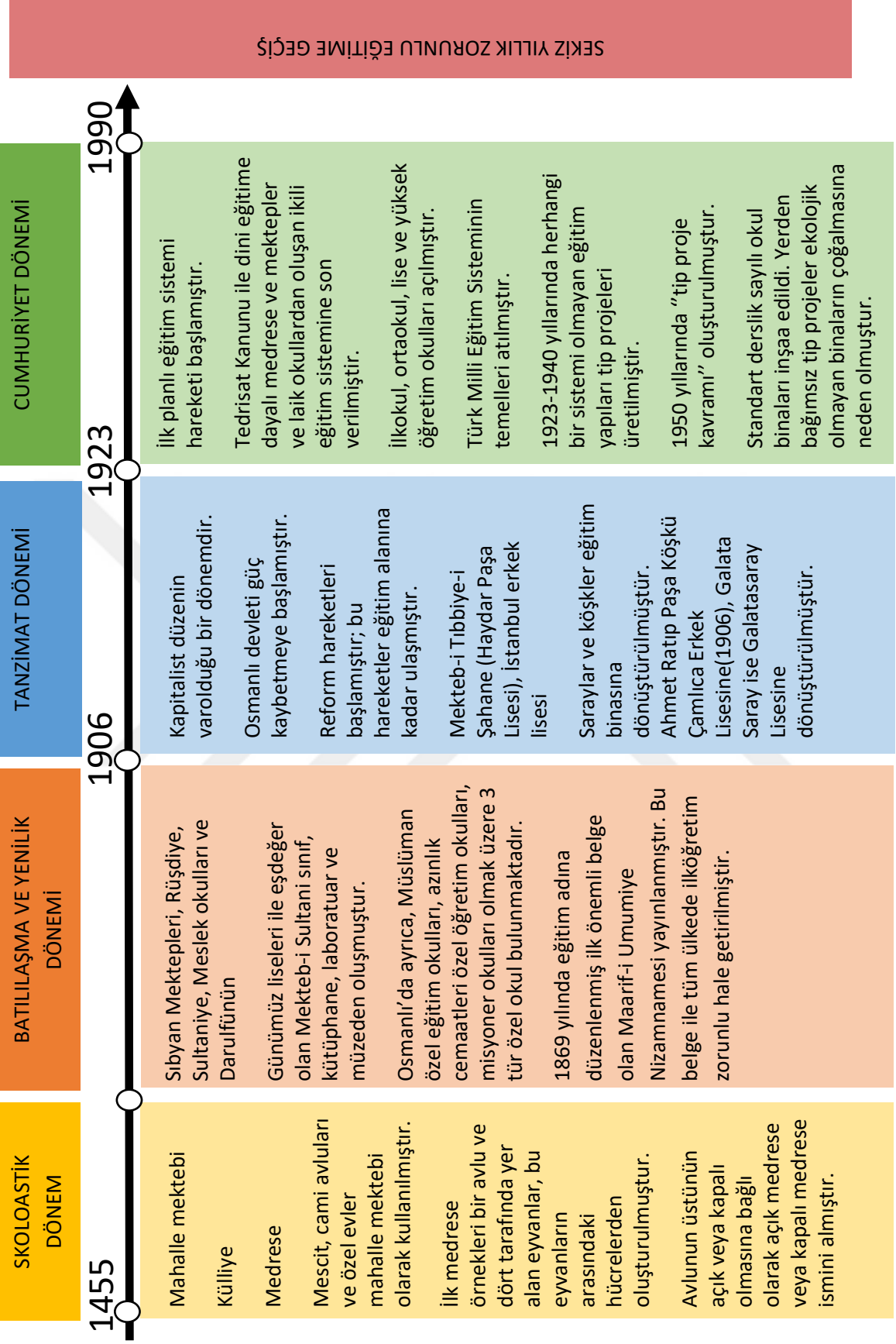
Çalışmanın ilk bölümünde eğitim binaları gelişim ve tasarımı süreçleri, enerji etkin eğitim binaları dünyadan ve Türkiye'den örneklerle anlatılmaktadır. Daha sonraki bölümde ise enerji etkin eğitim binası tasarımı parametreleri iklim, bina ve yapma sistem bağlamında ele alınmıştır. Ayrıca bu aşamada yenilenebilir enerjinin teknolojik imkanlarla binalarda kullanımını sağlayan sistemlere değinilmiştir. Bir diğer bölümde ise uluslararası enerji etkinliği çalışmaları, standartlar, yasa ve yönetmeliklerden örnekler verilmekte; Türkiye'de enerji etkinliği standartları, yasa ve yönetmelikleri, bina derecelendirme sistemleri anlatılmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise uygulama bölümüne yol gösterici olacak şekilde mevcut eğitim binalarını enerji etkin yenilemenin önemi ve enerji etkin yenileme stratejileri açıklanmaktadır. Yapılan alışmalar bölümünde seçilen referans eğitim binası tip projesinin mimari ve yapısal özellikleri, binanın enerji tüketimini azaltacak yapı kabuğu iyileştirme senaryolarının gelişimi açıklanmaktadır. Geliştirilen yenileme senaryoları Design Builder simülasyon programı ile değerlendirilerek binanın ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji yükleri hesap edilmekte ve karşılaştırılmaktadır. Böylece tasarımı aşamasında enerji etkin tasarımı değişkenlerine ilişkin alınan kararlarla binanın enerji etkinliğinin nasıl arttırılabileceği araştırılmış ve en etkin yenileme senaryosu ortaya konmuştur.

1.3. Eğitim Binaları

1.3.1. Eğitim Binaları Gelişim Süreci

Eğitim binaları ve eğitimin verildiği mekanların fiziksel şartları, bireye davranış biçimi ve toplumda edineceği yeri kazandırması bakımından oldukça önemlidir. Tarihsel gelişim sürecine bakıldığında eğitim binalarının farklı dönemlerinde isimlerinin ve mekânsal organizasyonlarının değiştiğini görmekteyiz. Şekil 1’de eğitim binalarının günümüze kadar gelen süreç içerisindeki değişim aşamaları kronolojik bir çizelgede gösterilmiştir.





Şekil 1. Eğitim binalarının skolastik dönemden sekiz yıllık zorunlu eğitime geçiş dönemine kadar değişimi

Ülkemizde 1998 yılında kabul edilen bir yasayla temel eğitim süresi beş yıldan sekiz yıla çıkarılmıştır. Eğitim alanındaki önemli reformlardan biri olarak nitelendirilen bu hareketle mevcut okul yapılarının ve yeni inşa edilecek olanların yeniden düşünülmesi gerekmiştir. Mevcut okul binaları üzerindeki çözüm önerileri binanın ve binanın üzerinde bulunduğu arsa durumuna göre fiziksel değişiklikler, ek bina yapılması veya kat ilave edilmesi şeklinde geliştirilmiştir. Değişen sisteme adaptasyon sürecinde bina ilkokul ise 6.,7. ve 8. sınıfların, ortaokul ise 1.,2.,3.,4. ve 5. sınıfların mevcut binaya yerleştirilmesiyle problemler çözülmeye çalışılmıştır. Bodrum katlarda yer alan bazı mekanlar, koridorların ıskan alan son kısımları eğitime son derece uygunsuz olmasına rağmen yeni derslik oluşturulmasında kullanılmışlardır. Mevcut yapıya ek yapılması yönteminin kullanılmasında ise küçük arsaya sahip okullarda kat ilave edilmesi, arsa büyüklüğü yeterli olan okullarda ek bina yapılması gibi çözümler üretilmiştir. Mevcut okula ek kat yapılması derslik ihtiyacını karşılarken ortak mekan kullanımı ihtiyacını karşılamada yetersiz kalmıştır. Ek bina uygulamalarında ise öğrenciler için yeterli ayrılmış açık oyun ve aktivite alanları azaltılıp, ancak yeterli derslik sayısı sağlanmıştır. Öğrencinin sosyal ve psikolojik gelişiminin devam etmesi açısından açık oyun ve aktivite alanlarının kullanımı göz ardı edilmiştir. (Ulusoy vd.,2006)

Eğitim sistemi değişikliğinin getirdiği mevcut binaların adaptasyonu sorunu çözümlenirken mekânsal boyutlar, eylem alanlarının olanakları, mekanların psikolojik ihtiyaçlara cevap vermesi gibi eğitim için gerekli olan temel konular gözatılmemiştir. Ayrıca ekolojik çözümler, yapının enerji ihtiyacını azaltacak tasarım önlemleri de zorunlu eğitime geçiş döneminde dikkate alınmamıştır. Binaların aydınlatmadaki verimini arttırmak, dersliklerin yönlendirmesinin enerji yüklerine etkisi vb. gibi konuların düşünülerek tasarım yapılması çok daha verimli çalışma alanlarına olanak sağlamakla birlikte, yapının işletimi sırasında harcanan enerjiyi önemli miktarda azaltacaktır. Bu tezde eğitim binalarında enerji etkin önlemler yapı kabuğu üzerinden geliştirilmiş ve değerlendirilmiştir.

1.3.2. Eğitim Binaları Tasarım Süreci ve Gereksinimler

Eğitim; bireyin toplumda değer taşıyan özelliklerinin ve toplumsal geçerliliği olan davranışlarının gelişmesine olanak tanıyan çok yönlü süreçler bütünüdür. Birey eğitim sürecinin başlangıcından itibaren eğitim faaliyetlerine katıldığı mekanlarda ev, oyun alanları veya sosyal alanlardan daha fazla zaman geçirmektedir. Dolayısıyla tüm eğitim sürecinin

geçtiği mekanlar olarak eğitim yapılarının fiziksel özellikleri ve öğretici nitelikleri son derece önemlidir. (Lippman, 2012)

Eğitim binalarının fiziksel bileşenlerinin öğrencinin öğrenmesi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Dolayısıyla eğitim yapılarının etkin öğrenme ve öğretme sağlayacak özelliklere sahip olması, kullanıcı performansını destekleyecek iyi tasarlanmış kaliteli mekanlar sunması öğrenci ve öğretmen üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak pozitif etki yaratacaktır. Ayrıca eğitim binalarının güvenli, sağlıklı ve ergonomik açıdan yeterli düzeyde olması öğrencinin okula devamlılığını sağlarken derse düzenli katılımını da destekleyecek ve öğrenci başarısının yükselmesine katkıda bulunacaktır. (Shah, 2007)

Öğrenci yazı yazma, konuyu araştırma ve tartışma, ders dinleme, sosyal faaliyetlerde bulunma gibi birçok aktivite sırasında farkında olmadan eğitim mekanlarının fiziksel özellikleriyle ve bu özelliklerin yarattığı öğrenme ortamıyla etkileşimde bulunmaktadır. Öğrenme ortamının fiziksel çevresi sıcaklık, nem, gürültü, ısı, hava basıncı, havalandırma, hava kalitesi, akustik, toz, titreşim, ışık, hava akışı, radyasyon gibi birçok elemanı içermektedir. Bu fiziksel etmenlerin yetersizliği veya eksikliği öğretme, öğrenme, akademik başarı, öğrenci motivasyonu ve okula devam konusunda olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. (Earthman, 2002)

Öte yandan eğitim kurumları, toplum kültürünün geliştirildiği ve bireye aktarıldığı, bireyin topluma adaptasyonunun sağlandığı yerlerdir. Çocuk ve gençler bir toplumun önemli değerlerini yansıtır ve bu yüzden nitelikli okullar topluma kolay adapte olabilen bireyler yetiştirilmesine katkı sağlarlar. (Pasalar, 2007)

Ülkemizde eğitim yapıları tasarımında standartlaşmaya gidilmiş ve Milli Eğitim Bakanlığı tarafından eğitim binalarının planlama ve tasarlanmasına dair belli aralıklarla yenilenen bir kılavuz geliştirilmiştir. Bu kılavuza göre temel ilkeler aşağıdaki şemada özetlenmiştir;



Şekil 2. Eğitim binaları tasarım ve planlama ilkeleri

1.4. Enerji Etkin Eğitim Binaları

Eğitim binalarının enerji etkin tasarım ilkeleri doğrultusunda tasarlanmaları ve mevcut eğitim binalarının enerji etkin yenilenmesi ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır. Bugün ülkemizde 65.564 adet eğitim binası bulunmaktadır. Bu eğitim binaları, ülkemizin enerji tüketiminin %40'ından sorumlu olan bina sektöründeki enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. (URL-5, 2018)

Avusturalya, İngiltere, ve Amerika gibi ülkelerde eğitim binalarının tasarımında enerji ve kaynak tüketimini azaltacak önlemler alınmakta ve bu sayede 2020 yılına kadar Avrupa Birliği Enerji Direktifi hedeflerine uyum sağlaması amaçlanmaktadır (URL-1, 2010). Bu konu, ekolojik yaşam ve ekolojik bilinçlenme kavramlarının gelecek nesillere öğretilmesi açısından da oldukça önemlidir. Bireyin enerji etkinliği hakkında farkındalığını artırmak, çevreye olan duyarlılığını geliştirmek enerji etkinlik ilkelerine göre tasarlanmış yapılar çevreler içinde eğitildiklerinde daha etkin olacaktır. (Kayıhan, 2006)

Enerji etkin eğitim binaları aydınlatma, doğal havalandırma, termal konfor gibi iç ortam konfor koşullarını üst düzeyde sağlayan binalardır. Öğrenme ortamlarının yeterli konfor şartlarına sahip olması öğrenme performansının üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bilinmektedir. Öğrencilerin öğrenme ortamındaki fiziksel stresten kurtulması, çalışmalarına odaklanmalarını ve verimli çalışmalar yapmalarını sağlar (Earthman, 2002). Şekil 3'te enerji etkin eğitim binası bileşenleri verilmiştir.



Şekil 3. Enerji etkin eğitim binası bileşenleri

Enerji etkin eğitim binalarının ekolojik yönden, ekonomik yönden ve sosyal yönden yararları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 1. Enerji etkin eğitim binalarının yararları


Enerji Etkin Eğitim Binaları Yararları		
Ekolojik yönden	Enerji ve atmosfer	Binaların sebep olduğu CO2 salınımı ve diğer zararlı çevresel arıkların azaltılmasına katkı sağlaması
Ekonomik yönden	Bina ömrünün artması	Yeni eğitim yapısı üretiminde en etkin tasarım ilkelerinin gözetilmesi, iklim bölgelerine göre tasarım önlemlerinin alınması, yapı fizyolojisi için istenmeyen durumların ortadan kaldırılmasının olumlu etkisi Mevcut yapıların enerji etkin yenilenmesiyle faydalı ömrünün arttırılması Yıkım sonucu çevreye bırakılan atığın önlenmesi
	Düşük işletme maliyeti	Enerji etkin önlemler ile yapının ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma enerjisi tüketim maliyetinin düşürülmesi Enerji giderleri, su giderleri, öğretim giderleri fonundan öğretim için ayrılan oranın enerji için ayrılan oranın azaltılmasıyla birlikte arttırılabilmesi Su tüketim maliyetinin peyzajda alınan enerji etkin önlemler ve yüksek verimli sulama stratejileri ile azaltılması
Sosyal yönden	Öğrenci motivasyon ve başarısı	İç ortam hava kalitesi aydınlatma düzeyi ve termal konforun öğrenme sürecine olumlu etkisi Öğrenme ortamlarında yeterli oksijenin sağlanmasının öğrencinin zihinsel faaliyetlerine okuma, hesap yapma, konsantrasyon gibi olumlu etkisi
	Öğrenci ve öğretmen katılımı	İç iklimsel konforun sağlanmasıyla öğrencilerde ve öğretmenlerde görülen solunum yolu ve alerjik hastalıkların azalması İç hava kalitesinin artmasıyla doğru orantılı olarak öğrencinin okula devam süresinin artması
	Öğretmen memnuniyeti performansı ilişkisi	Eğitim-öğretim ortamlarının fiziksel şartlarının iyi olmasının öğretmenlerin bireysel yeteneklerinin gelişimi üzerine olumlu etkisi Daha verimli çalışma ortamı bulunan öğretmenlerde öğrencileri öğrenmeye teşvik edecek davranışların gelişmesi
	Öğrenci tutum ve davranışları	Enerji etkin yapısal çevrelere ve enerji etkin öğretim uygulamaları ile öğrencilerin ekolojik bilinç kazanması Öğrencinin edindiği ekolojik bilinç ile çevre sorunlarına duyarlı tüketim bilincine sahip tutum ve davranışları toplumsal yaşamlarına, meslek disiplinlerine taşınmaları

1.4.1. Enerji Etkin Eğitim Binaları Örnekleri

Bu bölümde uluslararası ve ulusal enerji etkin eğitim binaları örnekleri; enerji, su, malzeme etkinlikleri göz önüne alınarak, enerji etkin yapı tasarımı aktif ve pasif yöntemleri analiz edilmiştir. Tablo 2’de örnek binaların analizleri verilmiştir.



Tablo 2.Uluslararası ve ulusal enerji etkin eğitim binaları örnekleri

1. Eğitim binası prototipi	
Konum/Fotoğraf/Plan/Kesit	Genel Bilgiler
	<p>Bina adı: Eğitim binası prototipi Bina yapım yılı: 2012 Lokasyon: ABD, Los Angeles Bina türü: Eğitim Sertifika: LEED platin</p>
	
Enerji Etkin Önlemler	
Aktif Önlemler	Pasif Önlemler



Tablo 2'nin devamı		
Enerji Etkin	<p>Bina, kullanıma hazır bileşenlerin monte edilmesiyle inşa edilir. Böylece üretimde verimlilik sağlanırken enerji tüketimi azaltılmış olur.</p> <p>Çatıda fotovoltaik paneller ile elektrik enerjisi elde edilmektedir.</p> <p>Düşük enerji tüketim özelliği olan ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılmıştır.</p> <p>Elektrikli, ayarlanabilir ışık şiddetine sahip prizmatik çatı ışıklığı tasarımı</p> <p>Radyan döşeme plağı ısıtması</p> <p>Güneş ışığını azaltma ve kullanma sensörleri</p> <p>Yüksek verimli aydınlatma armatürleri kullanımı</p> <p>Havalandırma kontrol sistemi için motorlu kapak kullanımı</p> <p>Bina işletim sistemi ile kişisel kontrol edilebilirlik sayesinde güneş ışığı ve ısı optimizasyonunun sağlanabilmesi</p>	<p>Minimum ayak izi ile tasarlanmış etkin bina formu</p> <p>İklima duyarlı çözümler sunmak için yenilikçi tasarım özellikleri ile tasarlanmıştır.</p> <p>Binayı saran güneş tabakası tasarımı ile; akustik, güneş, arazi koşulları ve yönelime dayalı çevre kontrolü sağlayan çift cephe oluşturmuştur.</p> <p>Çift kabuk sayesinde minimum kamaşma ile doğal aydınlatma, güneş ışığından kontrollü ısı kazanımı, iç ve dış ışık rafı tasarımı, güneş kırıcı entegrasyonu, peyzaj duvarı elde edilmiştir.</p> <p>Farklı açıklık, şeffaflık, biçim ve yönlülükte modüler panellerden oluşan güneş kafesi, gün ışığını ve enerji performansını optimize etmek için kullanılmıştır.</p> <p>Güneş enerjili sıcak su sistemleri bulunmaktadır.</p> <p>Çeşitli cephe uygulamalarına izin veren dış cephede germeli çelik çerçevelerin kullanımı, duvarların, kapıların ve pencerelerin strüktürel kısıtlamalardan bağımsız yerleştirilmesine olanak sağlar.</p> <p>Doğal havalandırmanın yönlendirilmesi yüksek ve alçak pencere düzeni, kullanışlı çatı ışıklıkları aracılığı ile sağlanır.</p> <p>Birinci kata aydınlık ulaştıran düşey güneş tünelleri ve havalandırma bacası</p> <p>Dolaylı doğal aydınlatma için iç mekan üst kat pencereleri tasarlanmıştır.</p>
Su Etkin	<p>Suyun talep yönetimi</p> <p>Düşük debili su armatürleri susuz klozet kullanımı</p>	<p>Susuzluğa dayanıklı peyzaj</p>
Malzeme Etkin	<p>Montajda esneklik, sökülebilirlik, parçalara ayırma ve yeniden kullanma için uygun tasarlanmıştır.</p>	<p>Fabrikada üretim, yerinde montaj sayesinde minimum atık oluşturulmuştur.</p> <p>Yüksek R değerli çatı ve duvar yalıtımı malzemesi kullanımı</p> <p>Soğutma için, minimum enerjili faz değiştiren malzeme üniteleri</p>
2. Newcastle-under-Lyme College		
Konum		Genel Bilgiler
		<p>Bina adı: Newcastle-under-Lyme College</p> <p>Bina yapım yılı: 2008</p> <p>Lokasyon: İngiltere</p> <p>Bina türü: Eğitim / University</p> <p>Toplam inşaat alanı:</p> <p>Sertifika: BREEAM</p>

Enerji Etkin Önlemler		
Aktif Önlemler	Pasif Önlemler	
Enerji Etkin	Fotovoltaik hücre kullanımı Binanın ısıtma ihtiyacı kolza tohumundan elde edilen bioenerji ile sağlanmaktadır. Bina otomasyon sistemleri ile ısıtma soğutma ve aydınlatmanın kontrol edilebilmesi	Cephede güneş kırıcılar ile gün ışığı kontrolünün sağlanması Doğal aydınlatma ve doğal havalandırmayı sağlayacak bina formu ve kabuğu tasarımı
Su Etkin	Yağmur suyu depolama sistemleri sayesinde spor salonu ıslak mekanları su ihtiyacının %50'si karşılanmaktadır. Su tasarruflu ekipman kullanımı	
Malzeme Etkin	Geri dönüştürülmüş alüminyum, beton gibi malzemelerin kullanımı	Sürdürülebilir malzeme kullanımı (geri dönüştürülebilir polistren malzeme)
3.Los Angeles Harbor Koleji		
Konum/Fotoğraf/Plan/Kesit		
		
Genel Bilgiler		
	Bina adı: Los Angeles Harbor Koleji Bina yapım yılı: 2013 Lokasyon: Kaliforniya/Los Angeles Bina türü: Eğitim/Üniversite Sertifika: LEED Platin	
		
Enerji Etkin Önlemler		
Aktif Önlemler	Pasif Önlemler	

Tablo 2'nin devamı		
Enerji Etkin	<p>Kampüs PV sistemleri ile entegre fotovoltaik paneller sistemi çatıda enerji üretimi sağlamaktadır. Cepheye entegre güneş panellerinin üst yüzeyi güneş enerjisini elektriğe dönüştürürken, iç mekanlar için gölge elemanı olarak görev yapar. Genel olarak, kompleks mevcut modellere göre yaklaşık yüzde 43 daha az enerji kullanır ve kendi elektriğinin yaklaşık yüzde 26'sını binaya monte güneş panellerinden üretir.</p> <p>Bina birbirine bağlı bina sistemleriyle değişen hava koşullarına cevap verir. Doğal havalandırma için ideal koşullar oluştuğunda, sensör sistem sayesinde kullanıcılar uyarılır. Doğal havalandırma sistemi aktif olduğunda mekanik havalandırma sistemi enerji kullanımını azaltacak otomasyona sahiptir. Benzer şekilde, gelişmiş bir günışığı aydınlatma kontrol sistemi, iç mekan aydınlatma kullanımını izler.</p>	<p>Enerji üretimi, doğal havalandırma içeren restoratif tasarım sayesinde, bol gün ışığı ve dış mekanlara bağlantılar sayesinde binanın enerji yüklerini azaltılmıştır.</p> <p>Tasarım, doğadan ilham alan ve yaşayan biyolojik organizmaları taklit eden bir yaşam sistemidir. Konferans salonları, ısı kütlenin soğutma yüklerini azaltmasını sağlamak için toprağa gömülmüştür.</p> <p>Form, tasarlanan açık alanlar ve avlularla iklimle dengeli bir tasarım örneği oluşturmuştur.</p> <p>Dış etkenlere karşı su ve kir tutmayan özellikli dış cephe boyası sayesinde bina cephesi faydalı ömrü uzatılmış olur.</p>
Su Etkin	Yağmur suyu toplama sistemi bina ekipmanları sayesinde bina içinde temizlik, bakım amacıyla kullanılabilir.	95.400 galonluk bir su tutma havzası ile yağmur suyu toplama sistemi, peyzajda kullanılan içme suyu seviyesini %60 azaltmıştır.
Malzeme Etkin	İnşaat atıklarının yaklaşık yüzde 98,4'ü atık depolama alanından yönlendirilerek malzemelerin yeniden kullanılması sağlanmıştır. Yeniden kullanılan malzemelerin (tuğla, oluklu metal ve enerji tasarruflu cam dahil) geri dönüşümü sağlanmıştır.	Binada kullanılan ahşap malzemeler sertifikalı sürdürülebilir ormanlardan sağlanmıştır.
4.Desert College West Valley Kampüsü		
Konum/Fotoğraf/Plan/Kesit		Genel Bilgiler
		<p>Bina adı: Desert College West Valley Kampüsü Bina yapım yılı: 2010 Lokasyon: Amerika Bina türü: Eğitim kompleksi Sertifika: Leed Platin</p>




Tablo 2'nin devamı		Enerji Etkin Önlemler	
		Aktif Önlemler	Pasif Önlemler
			
Enerji Etkin	<p>Fotovoltaik güneş panelleri sayesinde tükettiğinden daha fazla enerji üreten bir yerleşkedir.</p> <p>Buharlaşmalı soğutma için yağmur suyu rezervuarları, Gölgeleme elemanları ve güneşiği kontrolü, Aydınlatma sistemi kontrolü sağlayan enerji tasarruflu mekanik sistemler kullanılmıştır.</p>	<p>Master plan, bina oryantasyonunu, kampüs dolaşımını ve büyümesini tanımlayacak şekilde, alanın benzersiz ekolojisini ve doğal kaynaklarını dikkate alarak sürdürülebilirlik teknolojisi ile ele alınmıştır.</p> <p>Plan, ana düzenleyici unsur olarak kampüste dolanan insan yapımı bir nehir yatağı boyunca binaları organize eder. Bu planlama stratejisiyle yakınlardaki kanyona entegre doğal bir tipoloji oluşturulmuştur.</p> <p>Kampüs içindeki organik formlar ve alanlar, kanyonun doğal olarak meydana gelen açık alanlarının sarımlı ve dar yollarla birbirine bağlı karakterini takip eder.</p> <p>Bu sayede insan konforu etkileri termal kütle, gölgeleme ve rüzgar kontrolleri sağlanmıştır.</p>	
Su Etkin	<p>İnsan yapımı nehir yatağı ile alanın doğal eğimi doğrultusunda yağmur suyu toplama sistemi kurulmuştur.</p>	<p>Yerel, iklime uyumlu bitki örtüsünün korunması sayesinde peyzajda tüketilen su miktarı azaltılmıştır.</p>	
Malzeme Etkin			
5. Kansas Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Ek Binası			
Konum/Fotoğraf/Plan/Kesit		Genel Bilgiler	
		<p>Bina adı: Kansas Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Ek Binası</p> <p>Bina yapım yılı: 2015</p> <p>Lokasyon: ABD</p> <p>Bina türü: Eğitim/Üniversite</p> <p>Sertifika: LEED/Platin</p>	

Tablo 2'nin devamı		Enerji Etkin Önlemler	
Aktif Önlemler		Pasif Önlemler	
Enerji Etkin	<p>Fotovoltaik paneller yardımıyla elektrik enerjisi üretilir.</p> <p>Çift kabuk cephe arasında yer alan güneş kontrol sistemi çatıdaki sensör tarafından kontrol edilir.</p> <p>Doğal havalandırma aktifleştirme sistemi birincil havalandırma sistemini kontrol eder. Bu sayede uygun hava koşullarında çapraz havalandırma kullanılır.</p> <p>Aydınlatma elemanları düşük enerji tüketimlidir.</p>	<p>Bina çift kabuk cephe sistemi ile kaplıdır. Cem sisteminin dış ve iç kabuğu yalıtım camlıdır.</p> <p>Dikey ahşap panjurlar güneşi kontrolü için iki kabuk arasında yer alır. Bunlar motorlara monte edilir ve gün boyu güneşi izlemek için programlanmış bir çatı hava istasyonu tarafından kontrol edilir.</p> <p>Konferans salonunun arkasına yerleştirilmiş yeşil bir duvar akustiği ve hava kalitesini artırırken, havalandırmayı daha yüksek bir seviyede sağlayan hava tahliye sistemi, konforlu bir iç ortam yaratılmasını sağlar.</p>	
Su Etkin	Gri su geri kazanım sistemi		
Malzeme Etkin	Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı		
6. Piri Reis Üniversitesi			
Konum/Fotoğraf		Genel Bilgiler	
		<p>Bina adı: Piri Reis Üniversitesi</p> <p>Bina yapım yılı:</p> <p>Lokasyon: İstanbul / Tuzla</p> <p>Bina türü: Eğitim / Üniversite</p> <p>Sertifika: BREEAM Very Good</p>	
			

Enerji Etkin Önlemler		
Aktif Önlemler	Pasif Önlemler	
Enerji Etkin	<p>Trijenerasyon sistemi ile kampüsün elektrik ihtiyacını %45'ini aynı zamanda elektrik üretimi sırasında açığa çıkan enerjinin soğutma ve ısıtma enerji yükünün %50'sini karşılamaktadır.</p> <p>Kurgulanan bina otomasyonu ile aydınlatma, ısıtma-soğutma ve elektrik harcamaları da minimum seviyelerde tutulmuştur.</p>	<p>Açık alanların hakim rüzgardan korunumuna ve güneş ışığının verimli kullanımına yardımcı olacak şekilde blokların arazide konumlanması ve yönlendirilmesi sağlanmıştır.</p> <p>Mono-blok kütle yerine arazinin eğiminden de yararlanarak ikisi toprak altında kalan sekiz blok kademeli bir şekilde araziye yerleştirildi.</p> <p>Güneye bakan bloklarda güneş ışığı kontrol etmek ve iç mekandaki mekanik soğutma yüklerini düşürmek ve mahremiyeti sağlamak amacıyla kullanılan korten saç levhalar ile perforasyon panel cephe sistemi tasarlandı.</p> <p>Laboratuvar eğitimlerinin verildiği bloklarda güneş kontrolünün daha ön planda olması sebebi çift kabuk cephe tasarımı ve titanyum çinko paneller tercih edilmiştir.</p>
Su Etkin	<p>Kampüsün tüm su ihtiyacını karşılamak için deniz suyunun tatlı suya çevrilmesi</p> <p>Yağmur suyunun ve gri suyun tuvalet rezervuarlarında</p>	<p>Yağmur suyu toplama ve depolama sistemi ve peyzajda toplanan suyun kullanılması</p>
Malzeme Etkin	<p>Güney cephelerinde soğutma enerjisi yükünü azaltmak amacıyla %100 geri dönüştürülebilir korten saç levhalar ve perforasyon panelden oluşan yüzey tasarımı yapılmıştır.</p>	<p>Peyzajda kullanılan ahşap zemin kaplaması sertifikalı sürdürülebilir ormanlardan sağlanmıştır.</p>
7. Otomotiv Endüstrisi İhracatçıları Birliği Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi		
Konum/Fotoğraf	Genel Bilgiler	
	<p>Bina adı: Otomotiv Endüstrisi İhracatçıları Birliği Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi</p> <p>Bina yapım yılı:2008</p> <p>Lokasyon: Bursa</p> <p>Bina türü: Eğitim / Lise</p> <p>Sertifika: BREEAM in use</p>	
		
Enerji Etkin Önlemler		
Aktif Önlemler	Pasif Önlemler	

Enerji Etkin	Fotovoltaik panellerin çatıda uygunlanmasıyla elektrik enerjisi üretimi sağlanmaktadır. Güneş enerji sistemi ile sıcak su sağlanması	Acil durum raporları hazırlanması, yangın ve afet risk analizleri yapılması Bisiklet kullanımını teşvik etmek amacıyla okul bahçesine bisiklet parkı yapılması Çevre politikası kitapçığı hazırlanması, personel ve öğrencilere bu konuda eğitim verilmesi Yeşil çatı uygulaması ile yağmur sularını arındırır
Su Etkin	Aşırı su tüketimini ve aşırı elektrik enerjisi tüketimini engelleyecek sensör sistemleri, Sensör kontrollü selonoidli vana sistemi, musluktan akan suyun debisini düşürmek amacıyla kartuş sistemi kullanılması Yağmur suyu toplama ve gri su geri kazanımı yoluyla su tasarrufu sağlanmıştır.	Yağmur suyunun peyzajda kullanılması sayesinde peyzajda tüketilen içme suyu miktarı azaltılmıştır.
Malzeme Etkin		Geri dönüştürülebilir atıklar için atık toplama alanları oluşturulması

8. Erkut Soyak Anadolu Lisesi




Konum/Fotoğraflar	Genel Bilgiler
	Bina adı: Erkut Soyak Anadolu Lisesi Bina yapım yılı: 2004 Lokasyon: İstanbul / Ümraniye Bina türü: Eğitim / Lise Sertifika: BREEAM in use
	

Enerji Etkin Önlemler

	Aktif Önlemler	Pasif Önlemler
Enerji Etkin	Aydınlatma sisteminde enerji tüketimi yüksek projektörler led projektörlerle değiştirilmiştir. Havalandırma yetersizliklerinin tespit edilmesi ve fan yardımıyla bu mahallere temiz hava sağlanması	Bitki türlerinin tespitinin yapılması, peyzaj ve ekoloji raporunun hazırlanması ve gerekli iyileştirmelerin yapılması Bisiklet kullanımını teşvik etmek amacıyla okul bahçesine bisiklet parkı yapılması Enerji etütlerinin yapılması, elektrik ve mekanik sistemlerin enerji tüketimlerinin azaltılmasına yönelik uygulamalar yapılması

Su Etkin	Mekanik tesisat vana, pompa vb. ekipmanları yalıtımı yapılması	Tuvaletlerde klozetler daha az su tüketenler sistemli türleri ile değiştirilmiştir.
Malzeme Etkin		Geri dönüştürülebilir atıklar için atık toplama alanları oluşturulması

9. Terakki Vakfı Okulları Tuzla-Tepeören Kampüsü İlköğretim ve Anaokulu

Konum	Genel Bilgiler
	Bina adı: Terakki Vakfı Okulları Tuzla-Tepeören Kampüsü İlköğretim ve Anaokulu Bina yapım yılı: 2008 Lokasyon: İstanbul / Tuzla Bina türü: Eğitim / İlköğretim / Anaokulu Sertifika: LEED Gold
	

Enerji Etkin Önlemler

	Aktif Önlemler	Pasif Önlemler
Enerji Etkin	Fotovoltaik paneller yardımıyla elde edilen elektrik enerjisi led armatürlerin elektrik ihtiyacının %35 ini karşılamıştır.	İklim, çevre verileri, topoğrafik yapı ve yerleşim kriterleri incelendiğinde, yapı kuzeybatı güneydoğu yönünde yerleştirilmiş ve topoğrafyaya uyumlu eğim doğrultusunda kademelendirilmiştir. Sınıflar güneye koridorlar ise kuzeye yönlendirilmiştir. Yapıdaki galeri boyunca ve devamında çatıda da bulunan ışıklıklar sayesinde gün ışığından yeterli seviyede faydalanılmaktadır.
Su Etkin	Kampüs genelinde yağmur suyu toplama ve depolama sistemi	
Malzeme Etkin		İç mekanlarda malzeme kullanımında çevreye ve doğaya zarar vermeyen malzemeler seçilmiştir.

10. Özyeğin Üniversitesi

Konum	Genel Bilgiler
-------	----------------

		<p>Bina adı: Özyeğin Üniversitesi Bina yapım yılı: Lokasyon: Bina türü: Eğitim / Üniversitesi Sertifika: LEED Gold</p>	
			
Enerji Etkin Önlemler			
Aktif Önlemler		Pasif Önlemler	
Enerji Etkin	<p>Binadaki enerji harcayan tüm sistemlerin aydınlatma, mekanik sistemler enerji verimliliği öncelikli tutulması Soğutma sistemlerinde çevre dostu soğutucu akışkanlar tercih edildi Isıtma ve aydınlatma sistemlerinde bireysel kontrole önem verilmesiyle enerji tasarrufu sağlanması Kampüs içerisinde güneş panelleri kullanılması</p>	<p>Bina arazisinde bitkilendirilecek alanlar açık alanların %50'sinden fazla tutuldu Kampüs çevresinde toplu taşıma olanaklarının geliştirilmesi ile bireysel araç kullanımının azaltılması Yeşil çatı uygulamaları ile ısı adası etkisinin azaltılması Hibrit ve düşük emisyonlu araç kullanımının teşvik edilmesi için özel park alanları tasarlanması Yapının tasarımı ve mekan kurgusunun günışığından en üst düzeyde faydalanılacak şekilde yapılması</p>	
Su Etkin	<p>Yağmur suyu toplama ve depolama sistemleri Gri suyu arıtma sistemleri ile rezervuarlarda yeniden kullanımının sağlanması</p>	<p>Geçirgen zeminlerin yüzey oranının sert zeminlere oranla daha fazla olması, bu sayede yağmur suyu şebekesi yükünün azaltılması</p>	
Malzeme Etkin		<p>Yerel malzeme kullanımı ve seçilen malzemelerin %20 sinin geri dönüştürülmüş içeriğe sahip olması İç mekânlarda kullanılan malzemelerin uçucu organik bileşikler içermemelerine dikkat edilmesi Atık yönetim planlarının inşâ aşamasından itibaren hazırlanması</p>	

Dünyadan ve Türkiye'den seçilen enerji, su ve malzeme etkinlik önlemlerine göre analiz edilen 10 adet eğitim yapısıyla ilgili yapılan analizler sonucunda incelenen eğitim yapılarında dikkate alınan önlemler Tablo 3'de özetlenmiştir.

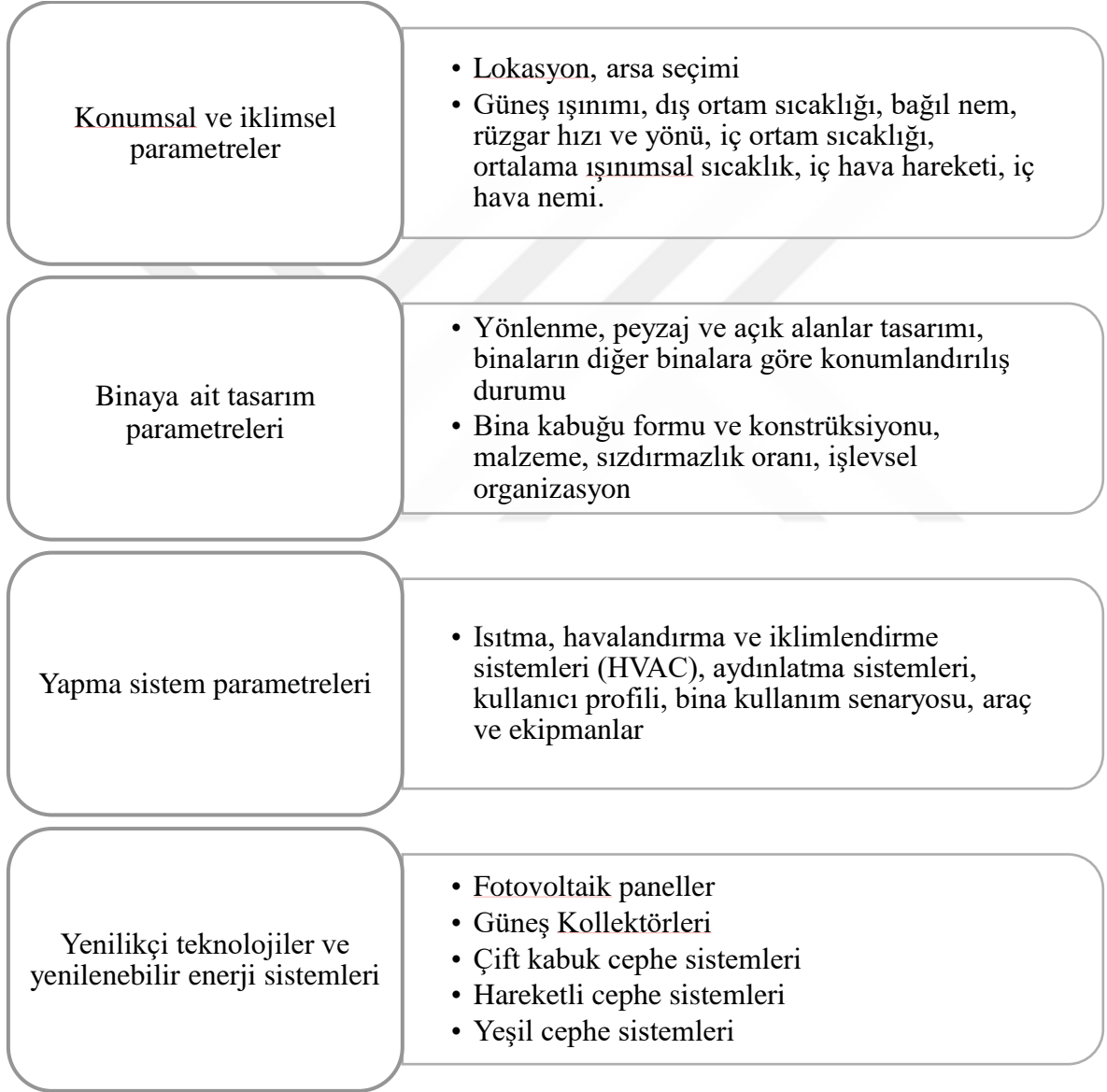
Tablo 3.İncelenen eğitim binalarında alınan enerji etkin önlemler

Enerji etkin önlemler		Los Angeles Eğitim binası Prototipi	Newcastle-under-Lyme College	Los Angeles Harbor Koleji	Desert College West Valley	Kansas Üniversitesi Mimarlık fakültesi ek binası	Piri Reis Üniversitesi	Ot. End. İh. Bir. Tek. ve End. M. Lisesi	Erkut Soyak Anadolu Lisesi	Terakki Vakfı Okulları	Özyeğin Üniversitesi	
Enerji Etkin	Pasif önlemler	Yönlenme	X			X		X		X	X	
		Mekan organizasyonu			X						X	X
		Bina formu	X	X	X	X	X				X	X
		Bina kabuğu	X	X			X		X			X
		Doğal havalandırma	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Doğal aydınlatma	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Peyzaj ve alan kullanımı	X			X		X	X	X		X
	Aktif önlemler	Çift kabuk cephe sistemleri	X	X			X	X				X
		Fotovoltaik panel kullanımı	X	X	X	X	X	X	X		X	X
		Enerji tasarruflu alet kullanımı	X	X		X	X		X	X	X	X
		Bina otomasyon sistemleri	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	Su Etkin	Yağmur suyu toplama ve depolama		X	X	X		X	X		X	X
		Gri su arıtma					X	X				
		Su tasarruflu alet kullanımı	X						X	X		X
Malzeme Etkin	Yerel Malzeme Kullanımı, Geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Toksik madde içermeyen malzeme kullanımı									X	X	

Tablo 3’de, sertifikalandırılmış enerji etkin eğitim yapılarında aktif ve pasif enerji etkin yöntemlerin uygulandığı görülmektedir. Bu tablodan, Samsun’da yer alan ve bu çalışma için seçilen lise binasının enerji etkin yenileme stratejilerinin belirlenmesinde yol gösterici bir rehber olarak yararlanılmıştır.

1.5. Enerji Etkin Eğitim Binaları Tasarım Kriterleri

Bina tasarımında enerji etkinliği için dikkate alınması gerekli birçok parametre mevcuttur. Doğru ve etkin bir tasarım yapılabilmesi için bu parametrelerin neler olduğunun bilinmesi ve optimum değerleri hakkında yorum yapılabilmesi gereklidir. Şekil 3'te bina tasarımlarında enerji etkinliğine etki eden parametreler 4 ana grupta verilmiştir.



Şekil 4. Enerji etkin eğitim binası tasarım kriterleri

Şekil 4’te verilen parametreler tüm binalar için geçerliyen, eğitim binaları tasarlanırken bina işlevine bağlı olarak bazı parametrelerin önem dereceleri değişmektedir. Eğitim binaları tasarımında bazı parametreler için öneriler, optimum değerler ve sınırlamalar mevcuttur.

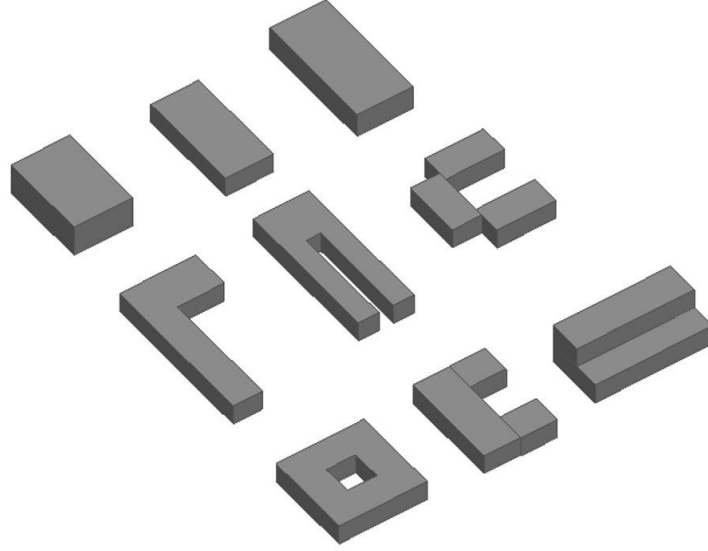
Eğitim binalarında iç ortam sıcaklığının konfor koşullarında tutulması oldukça önemlidir. Isıtma döneminde eğitim binalarında mevcut dersliklerin iç ortam sıcaklıklarının 2-3,5 derece arttırılmasının, soğutma döneminde ise 1-2 derece azaltılmasının konfor koşullarına çok fazla etkisi olmamaktadır. (Zinzi, 2015; Bernardo, 2017; Tahsildoost, 2015; Niemela, 2016)

Eğitim binaları için ideal yönelme güneydoğu yönüne doğrudur. Gündüz saatlerinde uzun süre kullanılan derslikler, kütüphaneler, çalışma odaları gibi mekanların güneydoğudan güneybatıya kadar sıralanması ısı kazanımı ve doğal ışıktan faydalanmak için optimum yarar sağlar (Neufert, 1979). Dersliklerin doğru yönlendirilmesi konforlu bir öğrenme ortamı oluştururken, binanın aydınlatma, ısıtma ve havalandırma enerjisi yükünü azaltır. Dersliklerin uygun yönlendirilmediği eğitim binalarında ısıtma enerjisi tüketimi açısından iyi sonuçlar elde edilebilmekte ancak yanlış yönlendirmeden dolayı görsel konfor yeterli seviyede sağlanılamamaktadır (Tsikra, 2017).

Enerji etkin eğitim binaları açık alanları ve peyzaj tasarımı binanın çevre unsurları olması sebebi ile enerji etkinliğini destekler nitelikte olmalıdır. (Demir, 2010). Enerji etkin eğitim binaları peyzaj ve açık alan tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir (Kayıhan, 2006; Tonguç, 2012; LEED tasarım kılavuzu)

- Oyun alanlarında doğal elemanlardan yararlanılması
- Mevcut habitatın korunması ve iyileştirilmesi peyzajda fazla bakım ve sulama gerektirmeyen yerel, iklime ve yöne uygun ve öğrenciler için öğretici bitki türlerinin tercih
- Dış mekanda öğretim alanlarına yer verilmesi, bu alanların tasarımında öğrenci katılımının sağlanması
- Kompost ve tarım alanlarının ayrılması, tarım alanlarında öğrenci faaliyetlerinin desteklenmesi
- Bina oturma alanının %60’ı kadar açık alan ayrılması

Her bir bina tipinin kendine özgü oluşturulmuş belli formları mevcuttur. Eğitim binalarına baktığımızda dünyada ve Türkiye’de kullanılabilecek ve kullanılmakta olan bina formları Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Dünyada ve Türkiye'de kullanılan eğitim binaları form tipolojileri (Salvalai, 2017)

Eğitim mekanlarında tüm mekanlar farklı zaman aralıklarında farklı kullanım sürelerine sahiptir. Fakat buna rağmen tüm mekanlar aynı sıcaklıkta ısıtılmakta ve bu durum çok büyük miktarda enerji kaybına sebep olmaktadır. Planlama aşamasında ilk strateji farklı sıcaklık değerine sahip mekanların tespiti ve birbirlerine göre konumlarının belirlenmesidir. Mekan organizasyonunda kullanım süresi ve zamanı birlikteliğinin sağlanması enerji kayıplarını büyük ölçüde engellenmiş olacaktır. (Kiraz; 2003)

Eğitim binalarında eğitim öğretimin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesinde büyük önem taşıyan iç hava kalitesinin yeterli düzeyde olması için kullanılan boya, zemin kaplama malzemeleri, kompozit kapılar ve dolaplarda formaldehit içermemesine ve kirletici gaz yaymamasına dikkat edilmelidir.

Eğitim binalarının aydınlatılmasında doğal ve yapma aydınlatma sistemi olmak üzere birbirini destekleyen özelliklere sahip iki aydınlatma sistemi söz konusudur. Doğal aydınlatmanın sağlanmasına öncelik verilerek aydınlatma sisteminin düşünülmesi enerji etkin eğitim binası tasarımı bağlamında doğru bir yaklaşım olacaktır. Yapma aydınlatma sistemleri eğitim mekanlarında gerçekleşen eyleme göre ihtiyaç duyulan görsel konforun sağlanacağı özelliklerde tasarlanmalıdır.

Görsel açıdan konforlu olarak tanımlanabilecek bir eğitim binası için; CIE DS 008.1/E-1999 adlı standartta çeşitli mekanlar için önerilen aydınlık düzeyleri şöyledir;

- Gündüz kullanılan derslikler: 300 lux

- Akşam kullanılan derslikler ve yetişkin eğitimi: 500 lux
- Tahta: 500 lux
- Sanat derslikleri: 750 lux
- Öğrenci mekanları ve toplanma salonları: 200 lux
- Öğretmen odaları: 300 lux

Eğitim binalarında her mekanın işlevine göre kullanım süresi ve kullanım şekli değişim göstermektedir. Mekanlara ait ısıtma sistemi işletim şekli, yapma aydınlatma sistemi yönetimi, mekanın kullanım süresine ve kullanım periyotlarına bağlı olarak belirlenebilmektedir. Bu nedenle bina kullanım senaryosunun bilinmesi enerji etkinliği açısından önemlidir.

Yukarıda detaylı olarak açıklandığı gibi eğitim binalarının enerji tüketimlerine birçok parametrenin etkisi mevcuttur. Bu tez kapsamında mevcut lise binasında enerji tüketimlerine cephelerde çift kabuk, PV panel ve yeşil kullanımlarının enerji tüketimlerini ne oranda iyileştireceği üzerinde durulacağından bu iyileştirmeler aşağıda yenilikçi teknolojiler ve yenilenebilir enerji sistemleri başlığında detaylı olarak anlatılmıştır.

1.5.1. Yenilikçi Teknolojiler ve Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Dünyada özellikle gelişmiş ülkelerde enerjinin verimli kullanımı ve kaynak korunumu konusunda yapılan çalışmalar 1973 petrol krizinden bu yana devam etmektedir. Enerji verimli teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için kamu tarafından yürütülen uygulamalar, yasal düzenlemeler ve yaptırımlar, toplumsal bilgilendirme ve eğitim faaliyetleri, şirketler, üniversiteler ve hükümetlerin teknoloji geliştirme faaliyetleri şeklinde çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar gelişmekte olan ülkelerde sınırlı yatırımlar sebebiyle yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle ülkemizde de artan enerji talebi göz önüne alınırsa enerji verimli stratejilerin geliştirilmesine daha fazla önem verilmesi gerektiği açıkça görülecektir.

Enerji verimliliği ve kaynak korunumu çalışmaları kapsamında binaların enerji performansının geliştirilmesi, binaların işletim sisteminde kullanılan yenilenemez fosil tabanlı enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiği üzerinde önemle durulan bir konudur. (Bayraç, Çelikay, Çildir, 2018)

Yenilenebilir enerji doğada süreç içerisinde devamlı var olan, kaynağının yenilenme hızı enerjinin tüketim hızına neredeyse eşit olan bir enerji türüdür. Başlıca yenilenebilir enerji türleri aşağıdaki gibidir;

- Güneş enerjisi,
- Rüzgar enerjisi,
- Jeotermal enerji,
- Hidrolik enerji,
- Biyokütle enerjisi. (Yüceer, 2015)

Doğal enerji kaynakları olarak adlandırılan bu kaynaklardan enerji elde edilmesinde ve kullanılmasında birtakım teknolojilere ve sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemlerden cephe kabuğunda yaygın olarak uygulanan ve uygulanabilirliği gelişmekte olan türler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

1. Fotovoltaik Güneş Paneli Sistemleri

Fotovoltaik güneş paneli sistemleri ışık enerjini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Güneş pilleri olarak da bilinen bu cihazlar yarı iletken malzemeden üretilmiş, kare, dikdörtgen, daire şeklinde 0.2-0.4 mm kalınlığında olabilmektedir. Paneller güneş ışığını aldıkları süre boyunca elektrik üretimini devam ettirirler; fakat üretilen enerjiyi depolayabilme özellikleri yoktur. Bu nedenle elektrik enerjisinin depolandığı akülerin dahil olduğu bütünleşik bir sisteme ihtiyaç duyulur. Binalarda çatı ve cephe yüzeylerinde uygulamalarının mümkün olduğu bu sistemlerde paneller yarı opak, opak, ve çeşitli renklerde üretilebilmektedir. Bu sayede güneş ışığının ne ölçüde yapı içerisine alınacağına bağlı olarak seçim yapılabilir. (Yüceer, 2018)

Güneş enerjisinden başka enerjiye ihtiyaç duymamaları ve atık oluşturmamaları sebebiyle tamamen ekolojik sistemlerdir. Bu panellerin fazla ısınması ve yüzey kirlenmesi durumunda elektrik üretim etkinliğini azalttığı bilinmektedir. Dolayısıyla çatıda yapılan uygulamalarda panellerin eğimli konumlandırılması ve uygun eğimin belirlenmesi, cephe yüzeyindeki uygulamalarda arka kısımda gerekli boşluğun bırakılması önemlidir. (Sev, 2006)

2. Güneş Kolektörleri

Güneş kolektörleri güneş ışınımını toplayan düzlemsel bir yüzey ve içerisinde akışkan bulunan ısı depolanan bölümden oluşan sistemlerdir. Genellikle binalarda sıcak su ihtiyacını karşılamak için çatı yüzeylerine belli açılarla yerleştirilirler. Konutlarda uygulanması oldukça yaygındır. (Yüceer, 2018)

3. Çift Kabuk Cephe Sistemleri

Çift kabuk cephe sistemleri gelişen teknoloji sayesinde enerji etkin özelliklere sahip olarak tasarlanıp, üretilebilen bina kabuk sistemleridir. Bu sistemler binanın ısı, ışık, akustik kontrolünü ve etkin doğal havalandırmasını sağlarlar. Cephe sisteminin oluşumu bir dış katman, ara boşluk ve iç katman şeklindedir. Dış katman gürültüye ve atmosfer etkilerine karşı koruma sağlarken aynı zamanda ara boşluğa temiz hava alınabilmesi için gerekli açıklıklara ve kapaklara sahiptir. İç katmanda ise ara boşluktaki temiz havayı iç mekana alacak açılır pencereler yer alır. (Sev, 2006) Çift kabuk cephe sistemlerinin sınıflandırması ve enerji etkin özellikleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 4.Çift kabuk cephe sistem ve enerji etkin özellikleri

Çift kabuk cephe türleri	Sistem özellikleri	Enerji etkin özellikleri
Kutu tipi çift kabuk cephe	Ara boşluk yatayda ve düşeyde, cephe aksları boyunca veya cephe açıklıkları boyutunda bölmelere ayrılır.	Ses, koku ve hava geçişinin kat ve aynı kattaki mekanlar arasında engellenebilmesi Dış ortamdan kaynaklı gürültünün engellenebilmesi Seri üretim hızlı montaj imkanı sunar Her bölmenin alt ve üst kısımlarında yer alan havalandırma açıklıkları kullanıcı tarafından kontrol edilebilir Kış aylarında kapalı tutulan havalandırma kapakları sayesinde ara boşluktaki ısınan hava binanın ısınmasına etki eder.
Bina yüksekliğinde çift kabuk cephe	Ara boşluk yatayda ve düşeyde herhangi bir kesintiye uğramaz.	Ara boşluktaki hava güneş ışınımı ile ısınarak yükselir ve binanın üst katlarının ısınmasını sağlar Gölgeleme elemanlarının ara boşluğa yerleştirilmeleri için uygundur Ses izolasyonu için ara boşluk ek tabaka yerleşimine uygundur.

Kat yüksekliğinde çift kabuk cephe	Ara boşluk kat hizaları boyunca yatayda bölmelere ayrılır.	Her bölmenin alt ve üst kısımlarında döşeme hizasında doğal havalandırma açıklıkları bulunur, böylece her kat kendi içinde havalandırılır Her katın doğal havalandırma açıklığı kendi içinde olduğu için yaygın, duman ve ses kontrolü için ek önleme ihtiyaç duyulmaz Gölgeleme elemanlarının ara boşluğa yerleştirilmeleri için uygundur
Şaft tipi Çift kabuk cephe	Cephe boyunca devam eden bir baca sistemi kutu pencerelere bağlanır.	Hava akımının az katlı yapılarda daha etkin sağlanması Şaft şeklindeki baca sistemi sayesinde etkin doğal havalandırmanın sağlanabilmesi

Bu çalışmada eğitim binası enerji etkin yenilemesi bina kabuğu üzerine ikinci bir kabuk için alternatifler üretilerek gerçekleştirilmiştir. Literatür araştırması sonucunda çift kabuk cephe sistemlerinden kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sisteminin eğitim binası enerji etkin yenilemesi için uygun olduğu görülmüştür.

4. Hareketli cephe sistemleri:

Geleneksel yapı kabuğunun durağan özelliğinden kaynaklı olarak değişken çevresel etkilere karşı yetersiz olduğu durumlara çözüm olarak hareketli cephe sistemleri geliştirilmiştir. Özellikle iklimsel koşulların değişmesi ile çift kabuk cepheye sahip binalarda dönemsel olarak yaşanan yapının fazla ısınması, yeterli düzeyde hava akımının sağlanamaması problemleri yaşanmaktadır. Bu sistemler sayesinde gün içinde sürekli değişen güneş ışınları geliş açısı, ışınlım şiddeti, rüzgar ve mevsimsel olarak yaşanan atmosfer koşullarına karşı adaptasyon sağlanarak iç ortam konfor koşullarının olumsuz etkilenmesi önlenmektedir. Hareketli cephe tasarımında yüksek performans ve enerji etkinliği elde edilmesinde temel prensip sistem elemanları tasarımının değişken veriler ile birlikte ele alınmasıdır. Bu yaklaşımla sistemi oluşturan elemanlar farklı form ve fonksiyonları ile bütün sistem içindeki işlevlerini yerine getirebilmektedirler. (Yaşa, 2010) Hareketli cephe sistemlerinin enerji etkinliği açısından özellikleri aşağıdaki şekildedir (Yeşilli, 2016)

- Geniş perspektifte cephe tasarım olanağı sunması

- Gün ışığı kontrolünde kullanılan elemanların yapının doğal ısı kazanımına engel olmayacak şekilde tasarlanabilmesi
- Hareket edebilme özelliği ile fotovoltaik panel sistemlerinin etkinliğinin arttırılabilmesi
- Etkin havalandırma için hava dolaşım hızını uygun düzeylere getirebilmesi

5. Yeşil Cephe Sistemleri:

Yeşil cephe sistemleri bina duvar yüzeylerinin çeşitli yöntemlerle bitki materyalleri ile kaplanması uygulamalarıdır. Bu sistemler yapım tekniğine ve taşıyıcı bileşenlerine göre metal çit, modüler sistem, panel sistem bitkilendirme şeklinde sınıflandırılabilirler. Metal çit sistem yeşil cephelerde yarı geçirgen yeşil bir doku oluşturmak amacıyla yaklaşık 450 cm yüksekliğe kadar değişen ölçülerde metal çitler ile tırmanıcı bitki türü kullanılarak uygulama yapılır. Modüler sistem yeşil cephelerde duvar üzerine veya bir alt konstrüksiyon üzerine bitki saksılarının yerleştirilmesiyle sistem oluşturulur. Panel sistem yeşil cephelerde ise doğrudan cephe üzerine veya alt konstrüksiyona uygulanabilen topraklı veya topraksız modüller ile oluşturulan sistemdir. Bu sistem her türlü iklim koşuluna uygun tasarlanıp, mevsimsel bitki seçimi yapılmasına uygundur. (Köhler, 2008)

Yeşil cephelerin uygulama ilkeleri aşağıda sıralanmıştır (Maçka Kalfa, Sümer, Yaşar; 2018; Erdoğan, Çetiner; 2014) ;

- Binaların güney cephesinde güneş ışınımından faydalanacak şekilde yeşil cephe tasarım kararları alınması
- Koyu renk toprak tabakası ve bitki seçerek toprak yüzeyinde ısı depolama özelliğinden faydalanılması
- Yağmur suyunu sistem bünyesinde toplamak ve yeniden kullanmak, cephe yüzeyinden doğrudan akışına engel olmak
- Bitkilerin yapraklanma durumuna göre seçim yaparak rüzgar kontrolü yapmak
- Çevredeki binaların gölgeleme alanlarını hesaba katarak gölgeye veya güneşe dayanıklı bitki tercih etmek
- Enerji kontrolü bakımından yönlere bağlı iklimsel özelliklere uygun bitki seçimi yapmak
- Cephe formu tasarımıyla bitkilendirilmiş cephenin güneş ışınımından en etkin faydalanmasını sağlamak

- Cephenin kabuk özellikleri bakımından bitki bileşenlerinin yaprak özellikleri ve rengi konusunda dikkatli davranmak

1.6. Standartlar, Yönetmelikler ve Derecelendirme Sistemleri

Enerji etkinliği sağlanmasında ve geliştirilmesinde en geniş uygulama alanlarından biri olan binaların enerji tüketimini azaltacak ve kontrol altına alacak yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulmuştur. Bu düzenlemeler ile bina enerji performansının kontrol edilebilir ve değerlendirilebilir olması sağlanırken, bina tasarımında ve işletim sürecinde enerji tüketimini azaltacak çalışmalar da belirli stratejiler ve sınırlamalar dahilinde yapılmaktadır. Bu konuda her ülke kendi yasa, yönetmelik ve standartlarını belirleyip, destekleyici faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu bölümde uluslararası ve ulusal düzeyde yasa, yönetmelik, bina derecelendirme sistemlerinden örnekler verilecektir.

1.6.1. Uluslararası Standart ve Yönetmelikler

Uluslararası enerji etkinliği standart, yönetmelik, protokol ve direktif örnekleri tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5.Uluslararası enerji etkinliği direktif, protokol, standart ve yönetmelik örnekleri

Uluslararası Enerji Etkinliği Protokol, Standart ve Direktifleri		
Protokol/Standart/Direktif Adı	Tarih	Amaç/İçerik
93/76/EEC European Council Published Directive	1993	Enerji verimliliğini arttırarak karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla bir araya gelen devletler belirlenen alanlarda programlar oluşturarak uygulanmasını sağlamak için direktifi yayınlamışlardır. Isıtma, iklimlendirme ve sıcak su maliyetinin faturalandırılmasını, kamu sektöründeki enerji verimliliği yatırımlarının finansmanını, yeni binalarda ısı yalıtımı yapılmasını, bina işletim ekipmanlarının kontrolünün düzenli yapılması gibi faaliyetleri bir program dahilinde yürütmeyi amaçlamışlardır. (URL-12, 2019)
Kyoto protokolü	1997	İklim değişikliği çerçeve sözleşmesine ilişkin protokole sera gazlarının azaltılması için bağlayıcı hedefler belirtilir. Bu protokole göre 1990 yılı CO2 emisyonu seviyesi en az %5 oranında azaltılacaktır. CO2 ve sera gazlarının artmasına sebep olan insan kaynaklı faaliyetlerin protokole imza atan ülkeler tarafından azaltılması halinde toplamda %55

		oranında CO2 emisyonunun azaltılabileceği hesap edilmiştir. (URL-13, 2019)
2002/91/EC Energy performance of buildings directive (EPBD)	2003	Binalar için minimum enerji performansı standartlarını belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece Kyoto protokolü için gerekli aşamalar yerine getirilmiş olacaktır. Enerji tüketimi ölçülecek ve enerjinin bilinçli tüketimi yönetilebilecektir. Ayrıca bu direktif 2018 yılından itibaren yeni yapılan kamu binalarının, 2020 yılından itibaren tüm yeni binaların sıfır enerjili bina olmasını öngörmüştür. (Turan Tombak, 2015)
2010/31/EU Energy performance of buildings directive (EPBD)	2010	Avrupa Parlamentosu Konseyi tarafından yayımlanmıştır. 2002/91/EC direktifinin hükümlerini yeniden ele alarak binaların enerji etkinliğinin artırılması için teknik gelişmelere bağlı olarak binaların iyileştirilmelerini zorunlu kılar. (Turan Tombak, 2015)
EN 15459, Energy performance of buildings-Economic evaluation procedure for energy systems in building	2008	Bu standardın amacı binalarda ısıtma sistemleri başta olmak üzere enerji tüketen tüm diğer sistemlerin ekonomik değerlendirmesi için bir hesap yöntemi sağlamaktır. Binaların yalıtılması, daha iyi performans gösteren bina ekipmanları, verimli aydınlatma sistemleri için maliyet tanımlanmasında gerekli verileri sunar. (URL-14,2019)
DIN 18599 Energy efficiency of building	2008	Binalarda enerji performansı direktifinin gereklerini yerine getirmek için binalarda, yapı kabuğu, ısıtma, soğutma, havalandırma ve diğer bina hizmetlerinin tükettiği net enerjinin hesaplaması ve yıllık birincil enerji tüketimlerinin ortaya konmasını sağlar. Bu standart binaların erken tasarım aşamasından enerji etkin önlemler ile ilgili kararların alınması, ayrıca binalarda enerji etkin iyileştirme çalışmaları için kılavuz niteliğindedir. (Reiser vd., 2008)
ISO 13790 Energy performance of building- calculation of energy use for space heating and cooling	2008	Binaların bütününde veya bir kısmında ısıtma ve soğutma yıllık enerji tüketiminin hesaplanabilmesi için bir hesap yöntemi sunar. Bu yöntem ile ısı transferi hesabı, bina kabuğundan kazanılan ısı miktarının bina ısı dengesine etkisi, ısıtma ve soğutma için yıllık enerji tüketim miktarı hesaplanabilir. Ayrıca binalarda hareketli güneş kırıcıların çalışma zamanları, havalandırma periyodları, denge sıcaklıkları bilinmesi dahilinde enerji kullanımı ile ilgili saatlik hesap yöntemi sunar. (URL-15, 2019)
BS EN 15193	2007	Binalarda aydınlatmada kullanılacak enerji tüketimi hesabı, aydınlatma tasarımı ve uygulaması içerir. Aydınlatmada kullanılan enerjinin düzenli ölçümü ve kontrolü için tavsiyelerde bulunulmuştur. Amaç; binalardaki aydınlatma enerjisi ihtiyacının tahminine yönelik sözleşmeler ve prosedürler oluşturmak, enerji performansı sayısal göstergesi için bir metodoloji vermek üzere yayımlanmıştır. (URL-15, 2019)
EN 15251 Indoor environmental in put parameters for design and assessment of building	2007	Bina sistemi tasarımı ve enerji performansı hesaplamaları için iç ortam çevresel girdi

		parametrelerinin nasıl oluşturulacağını belirler. Hesaplamalar ve ölçümler için yöntemler önerir. Bu standart tasarım yöntemi sunmaktan daha öte bina ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma sistemlerinin tasarımına girdi parametreleri elde edilmesini sağlar. (URL-16, 2019)
EN 15217 Energy performance certification	2009	Bina sertifikalandırılmasında binaların enerji performansını ifade etme yöntemleri sunar. (URL-17,2019)

1.6.2. Ulusal Standart ve Yönetmelikler

Uluslararası enerji etkinliği standart, yönetmelik, protokol ve direktif örnekleri tablo 6’de verilmiştir.

Tablo 6.Ulusal enerji etkinliği standart ve yönetmelik örnekleri

Ulusal Enerji Etkinliği Yasa, Yönetmelik ve Standartları		
Yasa/ Yönetmelik/Protokol Adı	Tarih	Amaç/ İçerik
Enerji verimliliği kanunu	2007	Enerjinin etkin kullanımını sağlayarak enerji maliyetlerinin ülke ekonomisi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, enerji israfının önlenmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerji kullanımının verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda görev ve yetkilerin belirlenmesi, eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri ve uygulamaların yürütülmesi öngörülmüştür.
Enerji kaynakları ve enerji kullanımında verimliliğin artırılmasına dair yönetmelik	2008	Enerjinin etkin kullanılmasına yönelik çalışmaların yaygınlaştırılması için üniversiteler, meslek odaları ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesine, enerji yönetimi ile ilgili görev ve sorumluluklarına, enerji verimliliği eğitimi ve sertifikalandırma faaliyetlerine, biyo atık ve hidrojen gibi alternatif yakıt kullanımının özendirilmesine ilişkin usul ve esasları kapsar.
Binalarda enerji performansı yönetmeliği	2010	Mevcut ve yeni yapılacak binalarda; binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metotlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans kriterlerine, bina kontrolleri ve denetim faaliyetleri için yetkilendirmelere, enerji ihtiyacının, kojenerasyon sistemi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasına, enerji verimlilik bilincinin geliştirilmesine yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerine, korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilen binalarda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemler ve uygulamalar ile ilgili iş ve işlemleri kapsar.
TS 825-2008 Binalarda Isı yalıtımı standartları	2008	Binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında

		<p>kullanılacak standard hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. Ayrıca;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standardda açıklanan hesap metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek, - Mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek, - Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek amacıyla bu standartlardan yararlanılabilir.
--	--	---

1.6.3. Bina Derecelendirme Sistemleri

Bina derecelendirme sistemleri tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Bina derecelendirme sistemleri

Bina derecelendirme Sistem adı Yıl-Ülke	Performans Değerlendirme Kriterleri	Değerlendirilen Kategoriler	Sertifika Türleri	Amaçları ve Uygulama Sistemi
BREEAM 1990 İngiltere (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) (Yapı Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yöntemi)	Bina yönetimi Sağlık ve konfor Enerji Ulaşım Su Malzeme Arsa kullanımı Ekoloji Kirlilik	BREEAM Ecohomes BREEAM EcohomesXB BREEAM Multi-residential BREEAM Offices BREEAM Retail BREEAM Healthcare BREEAM School BREEAM Courts BREEAM Prison BREEAM International	Geçer (%30-44) İyi (%45-54) Çok iyi (%55-69) Mükemmel (%70-84) Seçkin (%85-100)	<p>Tekil binaların, topluluk halindeki binaların ve altyapı projelerinin sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesinde bağımsız bir üçüncü taraf sertifikası sağlayan uluslararası bir programdır.</p> <p>Değerlendirme ve sertifikalandırma, yapı çevre yaşam döngüsünde, tasarım ve yapımdan işletme ve tadilat aşamasına kadar bir dizi aşamada gerçekleştirilebilir.</p> <p>BREEAM sistemi, bir binanın veya projenin değerlendirilmesinde, performans standartlarının kontrolü için nitelikli ve lisanslı bir BREEAM değerlendiricisi tarafından kontrolünün yapılmasını öngörmüştür. Bu süreçte belgelendirme işini ulusal akreditasyon kuruluşları yapar. (URL-18, 2019)</p>

LEED 1998 Amerika (Leadership in Energy and Environmental Design) (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik)	Sürdürülebilir alanlar Su etkinliği Enerji ve atmosfer Malzeme ve kaynaklar İç ortam kalitesi Yenilik ve tasarım Bölgesel öncelik	LEED New construction LEED Recertification LEED Core and Shell LEED Schools LEED Retail LEED Healthcare LEED Data center LEED Hospitality LEED Warehouse LEED Homes LEED Multifamily midrise LEED commercial interior LEED Existing buildings LEED for cities plan and design LEED for cities existing LEED for communities plan and design LEED for communities existing	Sertifikal ı (40- 49p) Gümüş (50-59p) Altın (60-79p) Platin (80- 110p)	Yeşil bina puanlama sistemi ulusal ve uluslararası düzeyde yeşil binaların performans ve yaşam döngüsü sürecinin değerlendirilmesini sağlar. Bina performanslarının detaylı olarak ele alınabilmesi için katerorize edilmiş denetim listeleri sunar. Tüm bina türleri için kullanılabilen LEED sisteminde binaların sertifikalandırılması yetkili üçüncü kişiler tarafından gerçekleştirilir. (URL-23,2019)
GREEN STAR 2003 Avustralya (Green Building Council)	Yönetim Ekonomi İç ortam kalitesi Enerji Ulaşım Su etkinliği Malzeme Ekoloji ve alan kullanımı Kirlilik Yenilik ve tasarım Yaşanabilirlik	Green star- Communities Green star- Design and as built Green star- interiors Green star- performance	4 yıldız (45-59p) 5 yıldız (60-74p) 6 yıldız (75- 100p)	Green Star, binaların, donanımlarının ve bina topluluklarının tasarımı, yapımı ve işletilmesi için, çevresel performans değerlendirmesi yapan bir derecelendirme sistemidir. Bu sistem bir bina veya semtin çevresel performansının üçüncü kişiler tarafından dokümantasyona dayalı değerlendirmesinin yapıldığı ve belgelendiği resmi bir süreci içerir. (URL-19. 2019)
CASBEE 2004 Japonya (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) (Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı)	İç Mekan Çevresi Servis Kalitesi Arsa Dış Mekan Çevresi Enerji Kaynaklar Malzemeler Arsa Dışındaki Çevre	CASBEE for Detached Houses (for New Construction, for Existing Building) CASBEE for Temporary Construction CASBEE for Renovation	C (zayıf) B- B+ A S (üstün)	Japonya'nın ve Asya ülkelerinin sürdürülebilirlik esaslarını dikkate alarak hazırlanan binaların çevresel etkinliği için detaylı değerlendirme sistemidir. Binaların enerji performansı değerlendirilirken yeni yapı, mevcut binalar ve yenileme için sunduğu değerlendirme sonuçlarının incelenip

Değerlendirme Sistemi)		CASBEE for Urban Development CASBEE for Heat Island CASBEE for Urban Development CASBEE for Cities CASBEE for Market Promotion		onayladığı, üçüncü kişilerin denetiminde sertifikalandırma yapılmaktadır. (URL-20, 2019)
DGNB 2008 Almanya Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V (Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi Sistemi)	Sürdürülebilir alan kullanımı Su etkinliği Kaynaklar Ekoloji Çevresel etki Ekonomi Sosyokültürel -fonksiyonellik İç ortam kalitesi Teknik kalite Ulaşım	DGNB national and international DGNB public and private DGNB urban district and buildings DGNB new and existing building DGNB building ensemble certification DGNB serial certification	Bronz (>%35) Gümüş (%35-50) Altın (%50-65) Platinum (%65-80)	Binaların planlaması ve değerlendirilmesinde kullanılmak üzere öncelikli oluşturulmuş bir sistemdir. Sistem, binalar ve kentsel bölgelerin sürdürülebilirliği açısından objektif bir değerlendirme amaçlamaktadır. Uluslararası düzeyde uygulanabilir bir sistem olan DGNB’de binalar tüm yaşam döngüsü boyunca değerlendirilmektedir. Bu sistem ile ekolojik, ekonomik, sosyo-kültürel ve işlevsel konuları da değerlendirmek mümkündür. (URL-21, 2019)
SBTOOL 1996 Kanada	İç Mekan Hava Kalitesi Enerji ve Kaynak Tüketimi Çevresel Yükler Sosyal ve Ekonomik Esaslar Kültürel ve Algısal Esaslar Arsa Seçimi, Proje Planlama ve Geliştirme	Yeni binalar Mevcut binalar Konutlar Eğitim binaları Hastahaneler Oteller Kütüphaneler Ticari yapılar Ofis binaları Alışveriş merkezleri	-1: Olumsuz performans 0: Kabul edilebilir 3: İyi uygulama 5: En iyi uygulama	SBTool,, Microsoft Excel programında geliştirilmiş, her çeşit yerel koşula ve bina türüne uyarlanabilecek, çevresel değerlendirme aracıdır. SBTool, bina ve projelerin sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi için genel bir çerçeve ile yerel kuruluşların derecelendirme sistemlerini geliştirmesine yardımcı olur. Bu değerlendirme aracına yerel koşullar eklenebilir ve farklı diller tanımlanabilir. SBTool bölgeye özgü ve sahaya özgü bağlam faktörlerini dikkate alarak bazı ağırlıkları kapatmak veya azaltmak ve aynı zamanda tüm taraflar için arka plan bilgisi sağlamak için kullanılabilir. Böylece her kuruluş belirli çerçeveler dahilinde kendi SBtool versiyonlarını oluşturabilir. (URL-22, 2019)

1.7. Enerji Simülasyon Programları ve Karşılaştırılması

Bilgisayar tabanlı simülasyon programları yüksek performanslı binaların tasarlanmasında ve mevcut binaların enerji performanslarının iyileştirilmesine karar verme sürecinde kullanılan önemli araçlardır. Bu programlar binaların tasarım, yapım, işletim ve iyileştirme çalışmalarında farklı stratejilerin geliştirilmesini, geliştirilen tüm alternatiflerin değerlendirilmesini ve en uygun yöntemin seçilmesini sağlar. (Yılmaz; 2012)

Bina modelleme ve simülasyon programlarından termal konfor analizi, iç ortam kalitesi değerlendirmesi, aydınlatma analizine dayalı enerji hesabı yapan ve ülkemizde en çok kullanılanlardan bazıları Tablo 8’de analiz edilmiştir.

Tablo 8.Bina enerji simülasyon programları

Simülasyon programı	Amaç-kapsam	Değerlendirmeler
CONTAM	<p>CONTAM, iç ortam hava kalitesi ve havalandırma durumunu belirlememize yardımcı olacak şekilde tasarlanmış çok bölgeli bir analiz programıdır.</p> <p>Programın oluşturulmasının temel sebeplerinden biri, bina hava değişim oranlarını tahmin etmektir. Hava değişim oranları, rüzgar ve iç-dış sıcaklık farkı, mekanik havalandırma gibi etkenlerle değişebilirler.</p> <p>Bu etkenlerin bina üzerindeki etkilerini simüle etmek için çok bölgeli bina geometrileri oluşturarak hava, kabuk ve hava taşıma sistemlerinin etkileşimleri hakkında bilgi sağlamaya yardımcı olur.</p>	<p>Binada zonlar arası hava akımı oranlarını ve göreceli basınçları hesaplayabilme,</p> <p>Binadaki havalandırma oranlarının yeterliliğini değerlendirmek,</p> <p>Bina içindeki havalandırma dağılımını belirlemek,</p> <p>Duman yönetim sistemlerinin tasarımı ve analizi,</p> <p>Kirletici madde konsantrasyonlarının tahmini,</p> <p>Binaların inşa edilmeden ve kullanılmadan önce iç mekan hava kalitesi performansını belirlemek,</p> <p>İç ortam hava kalitesi kontrol teknolojilerini değerlendirmek,</p> <p>Mevcut binaların iç ortam hava kalitesi performansını değerlendirmek. (URL-24, 2019)</p>
DAYSIM	<p>DAYSIM, yıllık güneş ışığı kazanç hesabı yapabilen bir güneş ışığı analizi simülasyonu aracıdır.</p> <p>İklime dayalı güneş ışığı aydınlatma metriklerini üretmek</p> <p>Mevcut gün ışığına göre farklı aydınlatma kontrolleri için yıllık elektrik aydınlatma kullanımını hesaplamak</p>	<p>Yıllık aydınlık profillerine ve doluluk programlarına dayanarak mekan kullanıcılarının elektrikli aydınlatma kontrollerini ve gölgeleme sistemlerini manuel olarak nasıl çalıştıracakını tahmin eder.</p> <p>Binalarda termal hesaplamalar ve aydınlatma analizini bütünleşik olarak yürütmek için EnergyPlus ve eQuest gibi enerji simülasyon</p>

	İklim tabanlı Güneşli Aydınlatma Metrikleri üretmek	<p>programları tarafından kullanılacak verileri elde etmeyi sağlar.</p> <p>Dinamik Gölgeleme: Jaluzi, stor ve elektrokromik camlar gibi çoklu dinamik gölgeleme sistemleri olan alanları modelleyebilir. Dinamik gölgeleme sistemlerine sahip alanlarda yıl boyunca her biri gölgeleme sistemi ile statik konumda bulunan çok sayıda yıllık aydınlatma profili oluşturur.</p> <p>Parlama Analizi: Yıl boyunca bir sahnede farklı bakış açıları için gün ışığından gelen rahatsızlık parlamasını tahmin etmek için gün ışığı parlama olasılığı ölçüsünü kullanır. Farklı bir gölgeleme cihazı ayarları için yıllık bir güneşli parlama olasılığı profili oluşturur ve bu sayede işlem sonrası daha sonra yıl boyunca dinamik bir gölgeleme sisteminin ayarını tahmin etmek için kullanılır. (URL-25, 2019)</p>
Design Builder	Binalarda performans hedeflerine uygunluğu sağlamak amacıyla tasarım kararlarını yönlendirmek için doğru enerji, konfor, maliyet ve gün ışığı performansı analizlerini hesaplayan simülasyon aracıdır.	<p>Güneşli konfor analizi</p> <p>Güneşli performans analizi</p> <p>Isıtma ve soğutma yükleri</p> <p>Nihai enerji tüketim değerleri</p> <p>Yapı kabuğu ısı geçiş miktarı</p> <p>İç ortam sıcaklığı</p> <p>Çevresel etki değerleri (URL-26, 2019)</p>
Ecotect	Tüm bina enerji kazanç ve kayıpları, tüm bina enerji tüketimi ve karbon emisyonu yıllık, aylık, günlük ve saatlik ölçekte hesaplanmasına imkan sağlayan simülasyon aracıdır.	<p>Rüzgar enerjisi analizi</p> <p>Doğal havalandırma analizi</p> <p>Güneş ışınımı analizi</p> <p>Güneş ve gölge çalışmaları</p> <p>Gölge ve yasıma analizi</p> <p>Gölgeleme elemanı tasarım analizi</p> <p>Güneşli ve aydınlatma analizleri</p> <p>Termal performans</p> <p>Tüm bina enerji analizleri</p> <p>Akustik analiz</p> <p>Hava durumu verileri görselleştirme (URL-27, 2019)</p>
Energyplus	Binalarda enerji tüketimi hesabı, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve enerji yüklerini ve binalarda su kullanımını modellemek için kullanılan bir bina enerji simülasyon programıdır.	<p>HVAC sisteminin bölge yüklerini karşılayabileceğini ve şartlandırılmamış ve şartlandırılmamış alanları simüle edebildiğini varsaymayan entegre, eşzamanlı termal bölge koşulları çözümü ve HVAC sistemi tepkisi. Yüzey sıcaklıklarına neden olan radyan ve konvektif etkilerin ısı dengesi bazlı çözümü termal konfor ve yoğuşma hesapları. Saatlik olarak, termal bölgeler ve çevre arasındaki etkileşim için kullanıcı tanımlı zaman adımları; termal bölgeler ve HVAC sistemleri arasındaki etkileşimler için otomatik olarak değişen zaman adımlarıyla. Bunlar, EnergyPlus'un sistemleri hızlı dinamiklerle</p>

		<p>modellemesini sağlarken, aynı zamanda hassasiyet için simülasyon hızını değiştirir. Bölgeler arasındaki hava hareketini açıklayan kombine ısı ve kütle transfer modeli.</p> <p>Kontrol edilebilen pencere panjurları, elektrokromik camlar ve pencere camları tarafından emilen güneş enerjisini hesaplayan tabaka-tabaka ısı dengesi içeren gelişmiş fenestrasyon modelleri.</p> <p>Görsel konforu bildirmek ve aydınlatma kontrollerini sürmek için aydınlık ve parlama hesaplamaları.</p> <p>Hem standart hem de yeni sistem yapılandırılmalarını destekleyen, bileşen tabanlı HVAC.</p> <p>Çok sayıda yerleşik HVAC ve aydınlatma kontrol stratejileri ve kullanıcı tanımlı kontrol için genişletilebilir bir çalışma zamanı komut dosyası sistemi.</p> <p>İşlevsel Mockup Arabirimi, diğer motorlarla eş simülasyon için içe ve dışa aktarılır.</p> <p>Standart özet ve ayrıntılı çıktı raporlarının yanı sıra, tümü enerji kaynağı çarpanları olan yıllıktan alt saate kadar seçilebilir zaman çözünürlüğüne sahip kullanıcı tanımlı raporlar. (URL-28, 2019)</p>
eQUEST	Binalarda enerji tüketimi hesabını ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, enerji yükleri üzerinden yapan bir bina enerji simülasyon programıdır. Yıllık ve saatlik enerji yükü hesabı yapma imkanı sunar.	<p>Isıtma sistemi enerji analizi</p> <p>Soğutma sistemi enerji analizi</p> <p>HVAC sistemi enerji analizi</p> <p>Tüm bina enerji analizi</p> <p>Güneş ışığı ve aydınlatma sistem kontrol analizi (URL-29, 2019)</p>
BEP-TR	AB ülkelerindeki eşdeğerleri gibi, basitleştirilmiş bir yöntemle binaların enerji performanslarını standart koşullar altında birbirleri ile karşılaştırmak ve binaların enerji ve emisyon seviyelerini belirlemek üzere kullanılır.	Binaları standart koşullarda karşılaştırmayı hedeflediği için detaylı enerji analizleri için yeterli duyarlılıkta sonuç vermez (Yılmaz, 2012)

Bina enerji simülasyon programlarının analiz edilen özelliklerinden yararlanılarak bina tasarımında veya enerji etkin iyileştirilmesinde göz önüne alınan parametreler ve simülasyon programlarının parametrelerin araştırılmasındaki etkinlik durumu tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9.Bina enerji simülasyon programları ve dikkate alınan parametreler

Parametreler	Bina simülasyon programları						
	CONTAM	DAYSİM	Design Builder	Ecotech	Energyplus	eQUEST	BEP-TR
İç ortam hava kalitesi	x						
Sızdırmazlık	x						
İç ortam hava hareketleri	x				x		
Günlü ışığı analizi		x	x			x	
Aydınlatma profilleri analizi		x					
Günlü ışığı parlama analizi		x			x		
Gölgeleme elemanı kontrolü analizi		x				x	
Termal konfor analizi			x		x	x	
İç ortam sıcaklığı			x				
Doğal havalandırma				x			
Yapı kabuğu ısı geçiş miktarı			x				
Gölge ve yansımaya analizi				x			
Aydınlatma analizi				x	x		
Akustik analiz				x			
Rüzgar enerjisi analizi				x			
Güneş ve gölge durum analizi				x			
HVAC sistemi performans analizi					x	x	
Yoğuşma kontrol analizi					x		
Güneş ışımasını analizi				x	x		
HVAC sistemi çalışma periyodu analizi					x		
Aydınlatma sistemi kontrol analizi		x			x	x	

1.8. Mevcut Eğitim Binalarının Enerji Etkin Yenilenmesi

1.8.1. Mevcut Eğitim Binalarının Enerji Etkin Yenilenmesinin Önemi

Eğitim binalarında enerji etkin yenileme, mevcut binanın enerji tüketimini, karbon salınımını ve diğer olumsuz çevresel etkilerini azaltarak bütüncül bir yaklaşımla kentlerin ve bileşenlerinin teknoloji ve yenilikçi yaklaşımlarla korunmasını sağlarken eğitmeye ve öğrenmeye uygun ortamlar da yaratır. (Başarı, 2012)

Eğitim binalarının enerji etkin yenilenmesi konusuna uluslararası düzeyde bakıldığında pek çok çalışma dikkat çekmektedir. ABD Yeşil Binalar Konseyi (USGBC), okulların enerji etkin yapılar olarak tasarlanmasını sağlamak ve mevcut okulların enerji etkin yenilenmesine yardımcı olmak amacıyla ‘Yeşil okullar uygulama kılavuzunu’ geliştirmişlerdir. Bu kılavuz aynı zamanda okulların LEED sertifikası almasını sağlayacak yönlendirmeleri de içermektedir. Kılavuz programı sürdürülebilir alanlar, suyun etkin kullanımı, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç ortam kalitesi olmak üzere kullanıcıya beş bölüm ile rehberlik etmektedir. (Like, 2009) Avrupa’da yapılan bir diğer çalışma olan Avrupa Birliği Enerji Stratejileri yol haritasına göre (2016), mevcut bina stoğunun %35’i 50 yıl önce inşa edilmiştir. Bu binalar yeşil binalara oranla beş katı daha fazla fosil tabanlı enerji kaynağı tüketimine neden olmaktadır. (URL-1, 2016) Avrupa Birliği Binalarda Enerji Performansı Direktifine göre ise; mevcut bina stoğunun yenilenmesi gerekliliği, kamu binalarının her yıl en az %3’ünün enerji etkin yenilemeye tabi tutulmasının zorunluluğu, bu binaların enerji etkin olduğunu gösterir sertifikalarının halkın göreceği şekilde sergilenmesi gerektiği belirtilmiştir. Avrupa’da yapılan bir dizi çalışma sonucunda 2020 yılına kadar enerji verimliliği arttırılarak, enerji tüketiminin %5-6 oranında azaltılabileceği tahmin edilmektedir.

Türkiye’de 14 Haziran 1999 tarihinde 23705 sayılı resmi gazetede ‘TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı’ yayınlanmış, 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. Dolayısıyla 2000 yılından önce inşa edilen binaların yenilemeye tabi tutulmayanlarında ısı yalıtımı bulunmamaktadır. Bu binalarda bina yüzeyinden kaybedilen ısı miktarının fazla olması sebebiyle de ülke ekonomisi olumsuz etkilenmektedir. 2000 yılından günümüze kadar geçen sürede ısı yalıtımı bulunmayan binaların bir kısmı enerji etkin yenilemeye tabi tutulmuş ve enerji performansına katkısı olmuştur.

Birçok Avrupa ülkesinde iklimsel koşulların farklı olmasına rağmen eğitim binaları tasarlanırken kış koşulları öncelikli tasarıma önem verilmiştir. Dolayısıyla ülkemizdeki kış mevsimi süresi göz önüne alındığında binaların enerji yükünü azaltmak amacıyla bina kabuğunun termal özelliklerinin iyileştirilmesi enerji etkin yenileme konusunda doğru bir yaklaşım olacağı düşünölmektedir. (Başarır, 2012)

Milli Eğitim Bakanlığı 2017-2018 yılı istatistiklerine göre okullarda toplamda 17 milyon 319 bin 433 öğrenci eğitim öğretim görmekte, 1 milyon 5 bin 380 öğretmen görev yapmaktadır. Dolayısıyla tüm bu verilere bakıldığında Türkiye nüfusunun %24’ü zamanlarının büyük bir kısmını eğitim binalarında geçirmektedirler. Ayrıca 2017-2018

eğitim ğretim döneminde 65.564 okul hizmet vermiştir. Bu doğrultuda eğitim binalarının enerji tkretimindeki etkinliği göz önüne alınacak olursa Türkiye'nin enerji verimliliği konusundaki hedeflerine ulaşmasında eğitim binalarının enerji etkin yenilenmesinin ve tasarlanmasının gerekliliği açıkça görülecektir. (Milli Eğitim Bakanlığı yılı istatistikleri, 2018)

1.8.2. Mevcut Eğitim Binalarında Enerji Etkin İyileştirme Yöntemleri

1.8.2.1. Duvar konstrüksiyonu iyileştirme

Bina i ortamı ve dış ortamı arasındaki sıcaklık farkından dolayı binadan ısı kaybı veya ısı kazancı oluşturacak şekilde bina yüzeyinden bir ısı akışı meydana gelir. Bina kabuk bileşenlerinden opak elemanlar olan duvarlar, döşemeler ve çatıyı oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri son derece önemlidir. Kabuk üzerinden gerçekleşen ısı akışını kabuk bileşenlerinin termofiziksel özellikleri, kabuk katmanlaşmasındaki yeri, boyutları etkilemektedir. Bir başka ifade ile kabuğun ısı direncine göre ısı akışı azalır veya artar. Isıl direnci etkileyen değişkenler malzemenin kalınlığı ve ısı iletkenlik hesap değeridir. Kabuk bileşeninin ısı geçirme katsayısı (U değerı) ise toplam ısı dirence yani malzemenin ısı iletkenlik hesap değerine ve kalınlığına bağlıdır. U değerinin azalması kabuğun ısı direncini artırır ve iç ortam sıcaklığı bu sayede korunmuş olur. Bu bağlamda; bir binanın enerji etkinliğini arttırılırken duvar konstrüksiyonu iyileştirilmesinde malzemelerin ısı direnç ve ısı kapasiteleri oldukça önemlidir. Dolayısıyla seçilen malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerı, özgül ısı, güneş ışınımı yutuculuğu, yansıtıcılık özelliği malzeme kalınlığı bina enerji performansına etki etmektedir. (şenel Solmaz, 2015)

1.8.2.2. Pencere Konstrüksiyonu İyileştirme

Bina kabuğundaki pencere yüzey alanları büyüklüğünün binanın ısıtma, soğutma, aydınlatma performansı üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Pencere yüzey alanı arttıkk binanın güneş ışınımından kazanacağı ısı miktarı artmaktadır. Bu nedenle binanın yönlenmesine de bağlı olarak pencerelerin boyutları ve konumu binayı termal konforu açısından önemlidir. Binanın termal konforu üzerinde etkili olan saydam yüzey değişkenleri camın ısı geçirme katsayısı (U değerı) ve güneş ısı kazanç katsayısıdır. U değerı olarak da

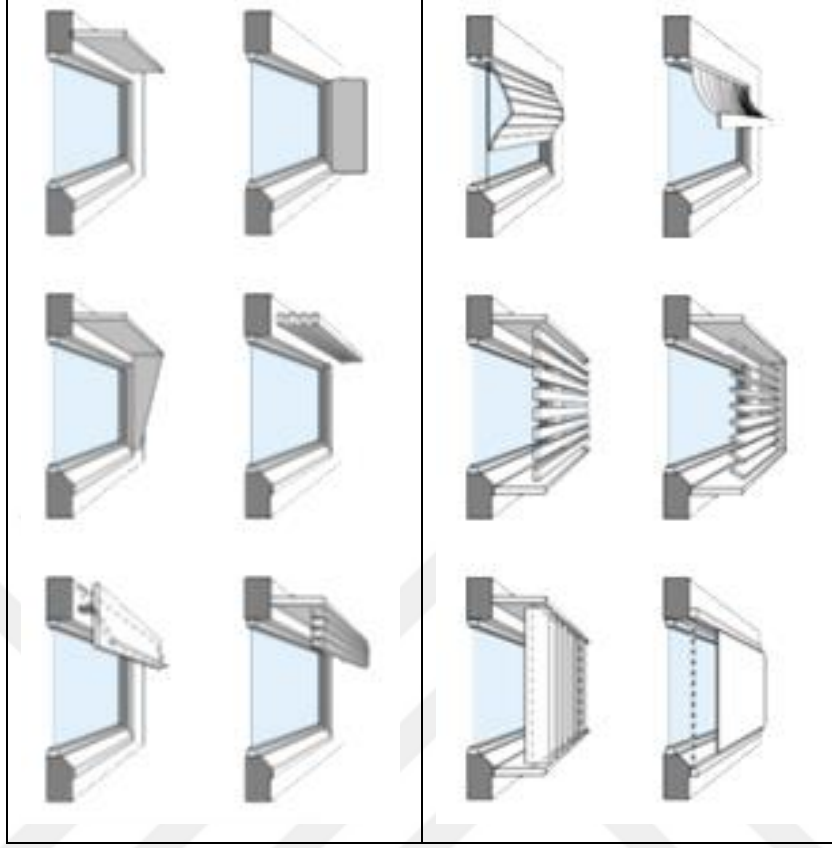
ifade edilen camın ısı geçirme katsayısı cam, boşluk, boşluğu dolduran gaz cinsi, film tabakaları ve doğramaların türü ile belirlenebilmektedir. Güneş ısı kazanç katsayısı ise camlar tarafından engellenen güneş ışınımı miktarı olarak ifade edilmektedir. Bu parametre hem güneş kontrolü hem ısı kazancı ile ilgilidir.

Bina tasarımında ve pencere konstrüksiyonu yenilenmesinde bu değişkenlerin etkinliği için;

- İklim koşulları göz önünde bulundurularak soğuk dönemde ısı kaybı azaltılacak, sıcak dönemde aşırı ısınmaya engel olacak şekilde U değerinin belirlenmesi,
- Kış koşullarında güneş ısı kazanımı katsayısı yüksek olan, yaz koşullarında güneş kontrolü için güneş ısı kazanç katsayısı küçük olan bir cam seçilmesi uygun olacaktır. (Şenel Solmaz, 2015)

1.8.2.3. Gölgeleme Elemanı Kullanımına Bağlı İyileştirme

Gölgeleme elemanı kullanımının binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma performansı üzerinde etkili olan parametrelerle doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu elemanlar bina iç gölgelemesi ve dış gölgelemesi amacıyla güneş kontrolünde kullanılarak aşırı ısınma, yansımaya, kamaşmanın önlenmesini sağlarlar. Bu bağlamda; gölgeleme elemanları güneşten kaynaklı aşırı ısınma ve ışık problemlerine karşı kullanılan cam malzemenin fiziksel özellikleri dışında, doğrudan güneş kontrolü sağlamasıyla tasarım stratejileri arasında önemli bir yere sahiptir. Gölgeleme elemanları, bina enerji performansını geliştirmesiyle bilinen yaygın olarak kullanılan kabuk elemanlarıdır. Bu doğrultuda sabit, manuel, hareketli iç, dış gölgeleme elemanları geliştirilmiştir. Dış gölgeleme elemanları yatay ve düşey hareketli veya sabit konfigürasyonlar şeklinde farklılaşabilirler. Kullanım amacına uygun olarak konumu, boyutu, açısı, mekanizması, malzemesi gibi özellikleri performanslarının belirlenmesinde etkilidir. (Şenel Solmaz, 2015)



Şekil 6. Dış güneş kontrol elemanı örnekleri (Stack, Goulding, Lewis; 2010)

1.8.2.4. Çift Kabuk Cephe Kullanımına Bağlı İyileştirme

Çift kabuk cephe sistemleri enerji etkin bina tasarımında veya binalarda enerji etkinliğinin artırılmasında önemli bir bina kabuk türü olarak kullanılmaktadır. Kabuğun oluşum özelliklerine de bağlı olarak doğal havalandırmayı etkin sağlama, aydınlatma düzeyi ve güneş ışınımı kazanım miktarının istenilen düzeyde belirlenebilmesi sistemin enerji etkinliğini arttıran özelliklerindedir.

Çift kabuk cephe sistemlerinde enerji etkinliğinin artırılması aşağıdaki uygulamalarla mümkün olabilmektedir (Çakır Kıaşif, 2015);

- Akıllı camlar kullanılması
- Cam tabakalar arasında yalıtım artırıcı önlemler alınması
- Cam yüzeylerinde performansı yüksek kaplamalar kullanılması
- İç ortam ve dış ortam arasında tampon bölgenin özelliklerinin iyileştirilmesi
- Cephe yüzeyine fotovoltaik panellerin entegrasyonu

- Gölgeleme elemanı entegrasyonu
- Kinetik sistem tasarımı

Bu çalışmada, eğitim binalarında eğitim-öğretimin etkin sağlanabilmesi açısından iç iklimsel konfor koşullarının önemi göz önüne alındığında, kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemlerinin istenen performansı sağlamada uygun özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

Cam yüzeylerin performansı artırılırken cam türü, cam tabakalar arası gaz kullanılması ve camın tabaka sayısının belirlenmesi önemlidir. Çift katmanlı bir yalıtım camında iki cam arası boşluk hava, argon (Ar), kripton (Kr) gazlarıyla doldurulabilir. Bu gazların özelliği ısı iletkenlik katsayılarının havadan daha düşük olmasıdır. Yalıtım camı elde etmede iki cam arasındaki boşluk bu gazlardan biriyle doldurulduğu takdirde camın yalıtım özelliği artırılmış olur. (Ayçam, 1998) Ayrıca yalıtım camlarında güneş kontrolü sağlamak amacıyla reflektif ve renkli kaplama dış cam tabakalarda kullanılabilir. Isı kontrolü sağlamak amacıyla tabakaların iç ortam yüzeylerinde seçici geçirgen yüzey kaplama kullanılabilir. (Maçka, 2008)

Renkli camlar güneş ışığını soğururlar ve iç mekana güneş ışığının ancak üçte biri kadarını verirler. Reflektif camlar ise güneş ışığını yansıtırlar, geçirgenlik katsayıları düşüktür. Camların bu özelliğinden dolayı güneş kontrolü sağlamada kullanılması uygundur. (Campagno, 2002) Isı kontrolü sağlamada ise seçici geçirgen kaplamalar ve low-e kaplamalar cam tabakaların iç yüzeyine uygulanabilir. (ASHRAE, 1997)

1.9. Literatür Araştırması

Ouf vd., (2017); Mevcut eğitim binaları üzerinde yaptıkları çalışmada binaların enerji tüketimlerine bina yaşının, okul tipinin, kullanıcı yoğunluğunun ve bina taban alanının etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın amacı, en yüksek enerji tüketimine sahip okulların belirlenmesi, enerji etkin yenileme önceliklerinin saptanması konusunda yetkili kuruluşlara rehberlik edecek sonuçları ortaya koymaktır. Zinzi vd., (2015); Enerji etkin yenilemesi yapılan bir okulun yenileme öncesi ve yenileme sonrası iç ortam kalitesinin değişimini, termal konfor ve CO₂ yoğunluğunun ölçülmesi ve izlenmesiyle ortaya koymuşlardır. Ayrıca pencere ve duvar konstrüksiyonlarında yapılan iyileştirmeler sonucunda enerji tüketiminin %80'e varan azalma gösterdiği görülmüştür. Bernardo vd., (2016); Eğitim binalarında enerji performansının ve iç iklimin bütünsel olarak iyileştirilmesi amacıyla mevcut binaların değerlendirilmesi ve enerji etkin uygulama talimatlarının belirlenmesi için iyi tanımlanmış ve yapılandırılmış bir dizi prosedür sunulmuştur. Duvar, çatı ve pencere konstrüksiyonu, saydamlık oranı, HVAC sistem ekipmanları iyileştirilmesi sonucunda iç ortam kalitesi ve termal konfor değerlendirilmiş, binanın enerji yüklerinin azaldığı görülmüş ve yıllık enerji tüketimi ekonomik analizi yapılmıştır. Rospì vd., (2017); Eğitim binası kabuğunun termal iletkenliği, yapı kabuğundaki düzensizlikler, ısıtma sisteminin verimliliği ve tüm enerji tüketim değerleri yerinde ölçüm sistemi ile ölçülerek, Energy Plus simülasyon programında sayısal bir model hazırlanmıştır. Çalışmanın simülasyon hesap sonuçlarına göre binanın enerji performansının artırılması önerileri geliştirilmiş, her bir önerinin enerji yükü hesabı, CO₂ yoğunluğunun azaltılması ve enerji tüketimi geri ödeme süreleri hesap edilmiştir. Salvalaid vd., (2017); Belirli bir bölgedeki 38 eğitim binasına uygulanabilecek enerji etkin yenileme stratejilerin enerji ve maliyet açısından belirlenmesi amacıyla tüm eğitim binaları bina türü, bina yaş ve plan tipolojisi açısından analiz edilmesi ve sınıflandırılmasıyla tekrar edilebilir bir yöntem sunulur. Her bir eğitim binası sınıfı için HVAC sistem yenileme, fotovoltaik panel kullanımı, duvar ve pencere konstrüksiyonu iyileştirilmesi enerji etkin yenileme yöntemleri sunulmuş ve her bir bina sınıfı için ekonomik açıdan en etkin yenileme stratejisi değerlendirilmiştir. Wang vd., (2016); Bu çalışmada 51 üniversite, 7 lise, 11 ortaokul ve 5 ilkokulun enerji tüketimi koşulları incelenmiştir. Bu eğitim binalarının enerji tüketimlerini gösterir faturalar üzerinden sayısal bir model oluşturularak, okulların kullanıcı durumlarına ve kullanıcı sayılarına göre yıllık enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. Sekki vd., (2017); Bu çalışma, enerji ölçümlerinin enerji verimliliği göstergelerini nasıl

yansıttığını ve sonuçların kullanıcı odaklı olması ve bunların binaların işletme aşaması enerji verimliliğinin gerçekliğini daha iyi yansıtması için nasıl birleştirilebileceğini incelemektedir.

Literatür araştırması sonucu eğitim binalarında yapılan enerji etkin yenileme çalışmalarında incelenen iklimsel konumsal parametreler, binaya ait parametreler ve yapma sistem parametreleri aşağıdaki tabloda analiz edilmiştir. Binaların enerji yüklerinin hesap edilmesinde kullanılan simülasyon programı ve çalışmalarda kullanılan yöntem de bu tabloda yer verilmiştir. Analizler, bu tez çalışmada enerji etkin iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesinde ve eğitim binasının mevcut durumunun saptanmasında yol gösterici olacaktır.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

Bu çalışma literatür araştırması, enerji etkin yenileme stratejilerinin geliştirilmesi ve enerji simülasyonu olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Her bir aşamada izlenen yol aşağıda özetlenmiştir.

Literatür araştırması aşamasında konu ile ilgili yapılan doktora, yüksek lisans tezleri, makaleler, bildirimler, kitaplar, ulusal ve uluslararası düzeyde yasa, yönetmelik ve standartlar, bina derecelendirme sistemleri incelenerek binalarda enerji etkin tasarım yöntemleri öğrenilmiş, yenilikçi yöntemler ve enerji etkin yenileme stratejileri belirlenmiştir. Eğitim binalarında eğitim-öğretimin etkin sağlanabilmesi açısından iç iklimsel konfor koşullarının önemi göz önüne alındığında, kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemlerinin istenen performansı sağlamada uygun özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

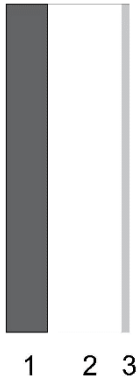
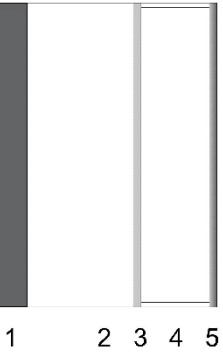
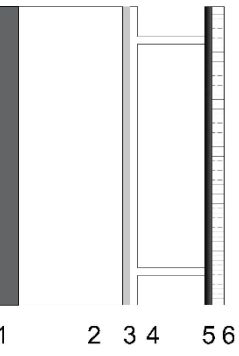
Çift kabuk cephe sistem türlerinden kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sisteminin bu çalışmada seçilmiş olmasının sebepleri aşağıdaki gibidir:

- Eğitim yapılarında kullanıcı yoğunluğundan kaynaklı ihtiyaç duyulan etkin havalandırmanın, ses izolasyonunun, yangın ve duman yayılımı kontrolünün diğer çift kabuk cephe türlerine göre bu tip çift kabuk bir cephe sisteminde daha kolay sağlanabilmesi.
- Kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemlerinde iki cephe arasındaki boşluk genişliğinin yeterli olması durumunda bu alanın doğal havalandırmanın etkin sağlandığı bir öğrenci teneffüs koridoru olarak kullanılabilir olması.
- Bu çalışmanın ılımlı nemli iklim bölgesinde yer alan Samsun ilinde yapılıyor olması nedeniyle özellikle yapının nem problemlerinin her kat hizasından dışarı açılan havalandırma sistemi ile çözülebilecek olması.

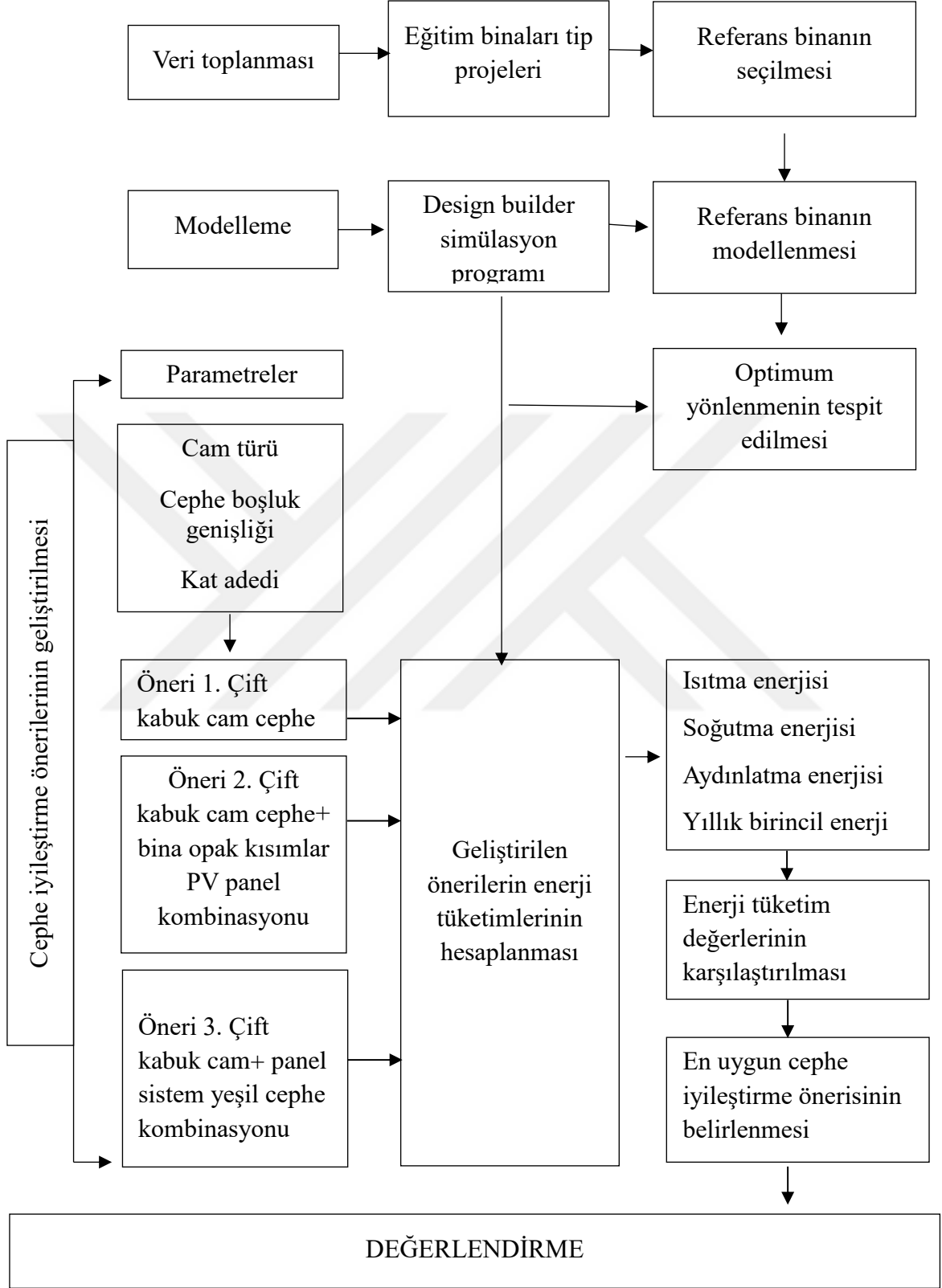
Enerji etkin yenileme stratejilerinin geliştirilmesi aşamasında ise; yapı kabuğunda yapılacak enerji etkin iyileştirme senaryoları mevcut binanın dersliklerinin bulunduğu her iki cephesine ikinci bir kabuk önerilmesi ile geliştirilmiştir. Her bir senaryo için Design Builder simülasyon programıyla enerji tüketim hesabı yapılmıştır. Değerlendirmede tüm sonuçlar karşılaştırılarak en uygun cephe iyileştirme senaryosu belirlenmiştir.

Tablo 11’de önerilen bina kabuğuna ait özellikler ve çalışmada dikkate alınan parametreler verilmiştir.

Tablo 11.Çalışmada önerilen bina kabuğu özellikleri ve dikkate alınan parametreler

Öneriler		Parametreler			Cephe yüzeyinde uygulanması	
Öneri 1: Çift kabuk cam cephe		Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanacak katlar	Opak kısım	Saydam kısım
	1.Mevcut duvar 2.Boşluk 3.Tek katman cam cephe	Berrak cam Low-e kaplamalı cam Seçici geçirgen cam	50 cm 100 cm 150 cm	1K+2K+3K 2K+3K 3K	Cam yüzey	Cam yüzey
	1.Mevcut duvar 2.Boşluk 3.Tek katman cam cephe 4.Boşluk 5.PV panel	Berrak cam Low-e kaplamalı cam Seçici geçirgen cam	50 cm 100 cm 150 cm	1K+2K+3K 2K+3K 3K	Cam yüzey + PV Panel	Cam yüzey
	1.Mevcut duvar 2.Boşluk 3.Tek katman cam cephe 4.Taşıyıcı strüktür 5.Bitki modülü 6. Bitkilendirme	Berrak cam Low-e kaplamalı cam Seçici geçirgen cam	50 cm 100 cm 150 cm	1K+2K+3K 2K+3K 3K	Cam yüzey + Panel sistem yeşil cephe	Cam yüzey

Çalışmanın iş akış şeması Şekil 7’de verilmiştir.



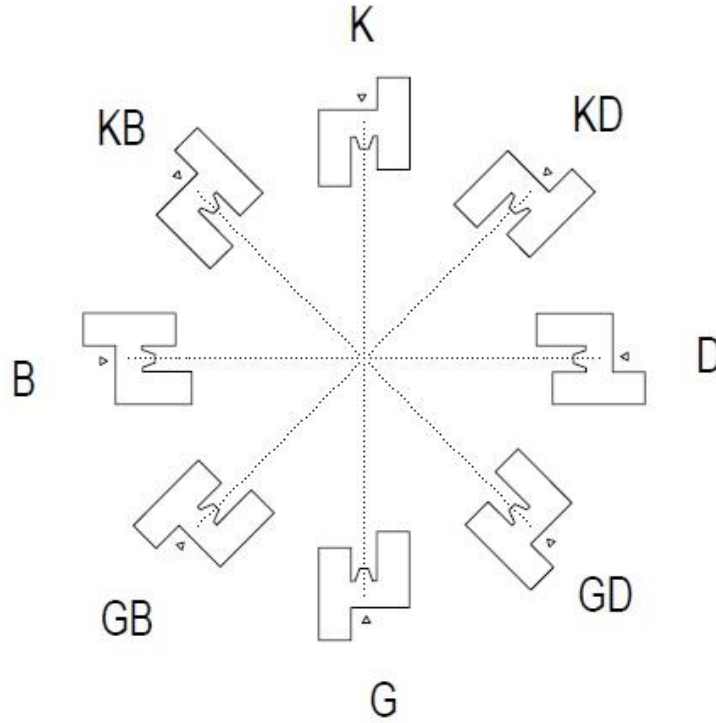
Şekil 7. İş akış şeması

2.1.1. Konumsal ve İklimsel parametreler

Bu çalışma MEB 24Lİ kodlu tip lise binası projesinin Samsun ili merkezinde inşa edileceği varsayılarak yapılmıştır. Samsun merkezi ılımlı nemli iklim özelliklerine sahiptir. Bu iklim tipinde her mevsim yağışlı, yazları serin, kışları ise ılık hava sıcaklığı hakimdir. Samsun ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 14.1' C'dır. Yıllık ortalama yağış miktarı: 709 mm 'dır.

2.1.2. Yönlenme

Enerji etkin yenilemesi yapılacak mevcut lise binası projesinin ılımlı nemli iklim bölgesi olan Samsun'da en etkin yönlenme durumunun saptanması yenileme alternatiflerinin gelişimi için önemlidir. Dolayısıyla yapılan simülasyon hesabı sonucunda yıllık ısıtma enerjisi tüketimi en az olan yönlenme enerji etkin iyileştirme senaryoları uygulanırken kullanılmıştır. Yıllık ısıtma enerjisi tüketiminin dikkate alınmasının nedeni okulların kullanım dönemlerinin ısıtma periyoduna denk gelmesi ve bu nedenle eğitim binalarında daha çok ısıtmaya ihtiyaç duyulmasıdır. Şekil 7'de mevcut eğitim binası yönlendirme alternatifleri gösterilmiştir.



Şekil 8. Mevcut eğitim binası yönlendirme alternatifleri

Ilımlı nemli iklim bölgesi Samsun’da binanın en etkin yönlenmesinin saptanması için dört ana yön ve dört ara yönde simülasyon yapılarak, yıllık ısıtma yükünün en az güney yönlenmesinde olduğu görülmüştür. Bina nın yıllık toplam enerji tüketimi ise en az batı yönündedir. Eğitim binalarının kullanım durumu göz önüne alınır sa ısıtma enerjisi yükü öncelikli olarak yönlenmenin belirlenmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Tablo 12’de mevcut binanın farklı yön lere göre enerji tüketim değerleri görülmektedir.

Tablo 12.Mevcut binanın farklı yönlendirmelere göre enerji giderleri

Mevcut binanın farklı yönlendirmelere göre enerji giderleri (kWh)				
Yönlendirme	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Yıllık birincil
Kuzey	326071,89	681086,79	27596,75	1150030.38
Güney	321445,82	679199,05	27494,97	1143415.38
Doğu	323032,78	676286,14	27114,48	1141708.92
Batı	322243,60	675999,64	27445,96	1140964.86
Kuzeydoğu	326426,29	682343,76	27376,82	1151421.59
Kuzeybatı	324295,23	679710,38	27573,52	1146854.70
Güneydoğu	321834,52	678576,63	27210,45	1142897.35
Güneybatı	322809,97	681944,27	27525,44	1147555.10

Tablo 13.Mevcut binanın farklı yönlendirmelere göre enerji giderleri (kWh/m²)

Mevcut binanın farklı yönlendirmelere göre enerji giderleri (kWh/m²)				
Yönlendirme	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Yıllık birincil
Kuzey	47,36	98,92	4,01	167,03
Güney	46,69	98,65	3,99	166,07
Doğu	46,92	98,22	3,94	165,82
Batı	46,80	98,18	3,99	165,71
Kuzeydoğu	47,41	99,10	3,98	167,23
Kuzeybatı	47,10	98,72	4,00	166,57
Güneydoğu	46,74	98,55	3,95	165,99
Güneybatı	46,88	99,04	4,00	166,67

2.1.3. Mevcut eğitim binası tanıtımı

1. Eğitim Binasının Belirlenmesi:

MEB 2018 istatistiklerine göre ortaöğretim okul sayısı artış oranı son 5 yıl içinde artış göstermiştir. 2011-2012 eğitim ve öğretim yılında yüzde 67,37 olan ortaöğretimde net okullaşma oranı, zorunlu eğitimin 12 yıl olarak uygulandığı ilk dönem olan 2012-2013 eğitim ve öğretim yılında yüzde 70,6 olarak gerçekleşirken 2016-2017 eğitim ve öğretim döneminde ise yüzde 82,54'ye yükselmiştir. Ortaöğretim okullarındaki son 5 yıllık zaman diliminde görülen artış oranının diğer okul türlerinin artış oranından çok daha fazla olması konuya dikkat çekilmesinde etken olmuştur.

Milli Eğitim Bakanlığının eğitim kurumları için tasarladığı tip projelerin bir çoğu arsa büyüklüğü, arsanın formu, binanın inşası için ayrılan bütçe gibi sebeplerden dolayı uygulama projesi hazırlanması aşamasında revize edilmektedir. Dolayısıyla projenin plan şeması, hacim organizasyonu, kat adedi, cephe özellikleri değişim göstermektedir. Bu nedenle inşa edilmiş bir eğitim binası yerine MEB 2014 yılı eğitim kurumları tip projeleri arasından 24 derslikli lise binası projesi üzerinde uygulama çalışması yapılmıştır. Böylece 24 derslikli tip proje üzerinden geliştirilen yenileme yaklaşımları diğer tip projelerde de uygulanabilecektir.

MEB 2014 24Li kodlu tip proje üzerinden uygulama çalışması yapılmasına karar verilmesinde etki eden faktörler şunlardır:

- MEB 2014 24Li kodlu tip projenin lise binası projeleri arasında derslik sayısı bakımından en fazla tercih edilen tip proje olması,
- Mevcut projenin mimari, mekanik, sıhhi tesisat vb. projelerine gerek duyulması ve elde edilebilmesi,
- Liselerde okullaşma oranının son 5 yılda %12'lik artış göstermesi ile diğer okul türlerine göre lise okullaşma artış oranının çok daha fazla olması.

Mevcut lise binası projesi bodrum, zemin, birinci kat, ikinci kat ve üçüncü kattan oluşmaktadır. Taşıyıcı sistem betonarme malzemeli iskelet sistem, duvar gövde malzemesi tuğladır. Toplam yapı alanı 7675 m²'dir. Tablo 10'da lise binasının kat planları ve katlardaki işlevsel dağılımı verilmiştir.

	<p>İkinci katta 9 adet derslik, öğretmen odası, müdür yard. odası, fizik laboratuvarı, biyoloji laboratuvarı bulunmaktadır.</p>
	<p>Üçüncü katta 8 adet derslik, müdür yardımcısı odası, resim laboratuvarı, kimya laboratuvarı, araç gereç odası, müzik deposu, zümre öğretmen odası, öğrenci WC, öğretmen WC bulunur. Bu projede dersliklerin yer aldığı her iki blok dikdörtgen formlu olup, doğal ışığın alınabileceği cephelerde dersliklerin konumlandırıldığı, yangın merdiveni, depo, wc gibi mekanların iç kısımlarda çözüldüğü bir mekan organizasyonu görülür.</p>

Bu binada toplamda 24 derslik, müzik, resim, kimya, biyoloji, fizik olmak üzere 5 adet laboratuvar, 2 adet idari ofis, 4 adet zümre öğretmen odası, 1 adet öğretmenler odası bir adet kütüphane, 8 adet ıslak mekan, bir adet kantin, bir adet beden eğitimi salonu bulunmaktadır.

MEB 24 derslikli tip lise binası projesinin plan özellikleri incelendiğinde yapının dilatasyon ile ayrılmış 3 bloktan oluştuğu, bu bloklardan ortada yer alanda giriş holü ve ana merdivenin yer aldığı görülür. Dikdörtgen forma sahip diğer iki blok birbirine paralel konumlu olacak şekilde ortadaki blokla birleşmiştir. Blokların bu şekilde bir araya gelişi binanın kompakt bir form oluşturmasına engel olurken, plan şemasının serbest olmasını sağlamıştır. Tüm bloklar aynı kat adedine sahiptir.

2. Bina kabuğunun termofiziksel özellikleri:

Bina kabuğunun iç ve dış ortam arasındaki ısı, görsel ve akustik konfor koşullarını en uygun düzeyde sağlaması için bina kabuk elemanlarının termofiziksel özelliklerinin ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yapılacak olan çalışmaya zemin oluşturabilmek için mevcut projenin mahal listesine ulaşılarak bina kabuğunu oluşturan elemanlar ve malzemeleri, özellikleri tespit edilmiş, toplam ısı geçirgenlik katsayıları hesaplanmıştır. (U değeri)

Mevcut projede dış ve iç duvarların gövde malzemesi tuğladır. Dış duvarlarda extrüde polistren levha tipi yalıtım bulunur. Toprakla temas eden zemin döşemesi grobeton, ara kat ve çatı döşemesi betonarme plaktır. Çatı döşeme üstünde cam yünü şilte yalıtım bulunur. Ara kat döşemelerden herhangi birinde yalıtım yoktur. Toprak temaslı döşemede extrüde polistren levha yalıtım malzemesi bulunur. Bina kabuğunun saydam elemanları PVC doğrama hava tabakalı çift kat (4mm+12mm+4mm) camdan oluşur.

Mevcut binanın kabuk bileşenleri, malzemeleri, fiziksel ve termofiziksel özellikleri Tablo 15’de verilmiştir.

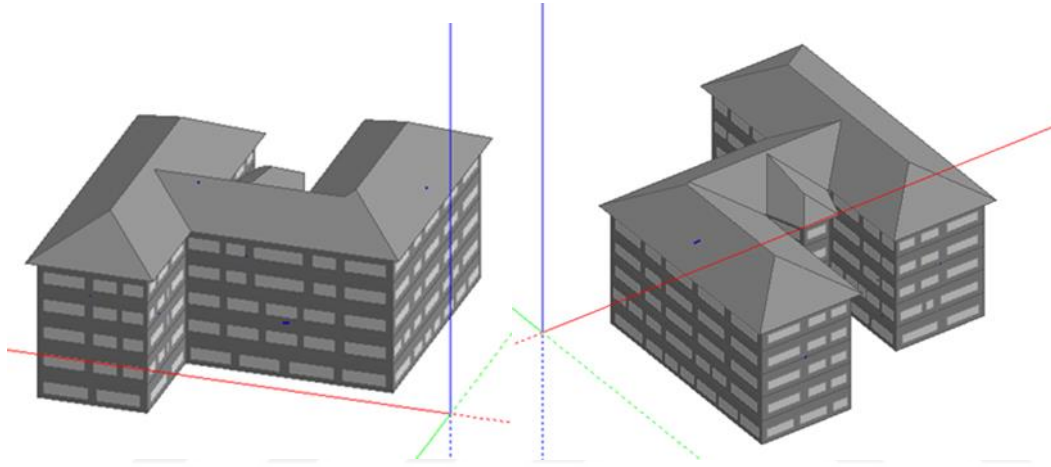
Tablo 15. Mevcut lise binası bina kabuk bileşenleri ve termofiziksel özellikler

Bina kabuk bileşenleri	Mevcut Yapı Malzemeleri	Kalınlık (mm)	Isı İletkenlik Hesap Değeri (W/Mk)	Yoğunluk (kg/m3)	Özgül Isı (J/kgK)	U Değeri (W/m2K)
Dış duvar	Plastik boya	1	999,00	0		0,40
	Alçı sıva	28	0,70	1400		
	Dikey delikli tuğla	200	0,33	600		
	Çimento bazlı sıva	20	1,40	2000		
	Yapıştırıcı	1	999,00	0		
	Extrüde polistren levha	30	0,04	25		
	Elastik sıva	4	0,59	1400		
	Isı yalıtım filesi	3,5				
Dekoratif sıva	10	1,40	600			
Toprak Temaslı Dış Duvar	Plastik boya	1	999,00	0		0,60
	Betonarme Perde duvar	300	2,50	2400		
	Çimento bazlı şap	5	1,60	2000		
	Keçe	5	0,19	2000		
	Pvc esaslı jeo membran	2	0,19	1200		

	Keçe	5	0,19	2000		
	Extrüde polistren levha	30	0,04	25		
	Koruyucu tuğla duvar	85	0,33	600		
İç Duvar	Plastik boya	1	999,00	0		1,70
	Alçı sıva	28	0,70	1400		
	Dikey delikli tuğla	15	0,33	600		
	Alçı sıva	28	0,70	1400		
	Plastik boya	1	999,00	0		
Çatı Döşemesi	Plastik boya	1	999,00	0		0,35
	Çimento bazlı sıva	12	1,40	2000		
	Betonarme döşeme	120	2,50	2400		
	Cam yünü şilte	100	0,04	500		
	Çatı kaplaması OSB levha	10	0,13	700		
	Su yalıtım membranı	3	0,19	2000		
	Kumlu membran kaplama	8	0,23	1500		
Ara Kat Döşemesi	Granit seramik kaplama	20	2,80	2500		2,25
	Çimento bazlı harç	10	1,60	2000		
	Betonarme döşeme	120	2,50	2400		
	Çimento bazlı sıva	12	1,40	2000		
	Plastik boya	1	999,00	0		
Toprak Temaslı Döşeme	Granit seramik kaplama	20	2,80	2500		0,40
	Çimento bazlı harç	10	1,60	2000		
	Grobeton	50	1,65	2200		
	Ekstrüde polistren levha	30	0,04	25		
	Çimento bazlı düzeltme şapı	30	1,60	2000		
	Grobeton	100	1,65	2200		
	Keçe		0,19	2000		
	PVC esaslı jeomembran	2	0,19	1200		
	Keçe		0,19	2000		
	Grobeton	100	1,65	2200		
Islak mekan döşemesi	Granit Seramik Kaplama	20	2,80	2500		2,25
	Çimento bazlı harç	10	1,60	2000		

	Eğim Betonu	50	1,65	2200		
	Agregalı beton dolgu	110	0,39	800		
	Betonarme döşeme	120	2,50	2400		
Pencereler	PVC doğrama+ hava tabakalı çift cam	4+12+4	0,18	2500		2,70
Kapılar	Ahşap iç kapı	20	0,15	608		

Şekil 9’da lise binasının Design Builder simülasyon programı enerji modeli görülmektedir.



Şekil 9. Eğitim binası Design Builder simülasyon programı enerji modeli

2.1.4. Enerji Etkin İyileştirme Senaryoları

2.1.4.1. Bina Kabuğu ile ilgili İyileştirme Senaryoları

MEB 24Li kodlu tip lise binası projesinin enerji etkin yenileme stratejileri geliştirilirken yenilikçi, yüksek performanslı bina kabuğu oluşturulmaya çalışılmıştır. Bunun için çift kabuk cam cephe alternatifleri, çift kabuk PV panel cephe alternatifleri ve çift kabuk yeşil cephe alternatifleri üretilmiştir. Üretilen her bir senaryonun ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji tüketim değerleri hesap edilmiştir. Önerilen kabukların binanın enerji yüklerine etkilerinin ne yönde olduğu değerlendirilmiştir.

2.1.4.2. Çift Kabuk Cephe Kullanımına Bağlı İyileştirme Senaryoları

Çift kabuk cephe sistemlerinden kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemi seçilmiş, mevcut lise binası projesinin ısıtma, soğutma, aydınlatma, yıllık birincil enerji tüketimi geliştirilen senaryoların her biri için hesaplanmıştır.

Çift kabuk cephe sisteminin binanın hangi cephelerinde uygulanacağı kompakt olmayan serbest plan yapısına sahip bu eğitim binasının enerji yüklerinin belirlenebilmesi açısından önemlidir. Bina kullanımına bakıldığı zaman dersliklerin kullanım yoğunluğundan dolayı ısıtma enerjisi öncelikli seçim yapılması gerektiği dikkat çekmektedir. Aynı zamanda binada dersliklerin konumundan dolayı uygun yönlenme ve bununla birlikte çift kabuk cephenin uygulandığı cephe önemlidir. Çalışmanın bu aşamasında yaklaşım olarak çift kabuk cephenin uygulandığı cepheler dersliklerin bulunduğu her iki cephedir. Uygulamanın enerji yüklerine etkisinin belirlenmesi için geliştirilen alternatif cephe kombinasyonlarının her biri ile ayrı ayrı simülasyon yapılmış; ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji tüketimi hesap edilmiştir.

Eğitim binalarında aydınlatmanın öneminden dolayı ve ısıtma enerjisi tüketiminin azaltılması için doğal ışığı engellemeyecek, yalıtım özelliklerine sahip camlar seçilmiştir. Cam sistemi ve türü öneri bina kabuğu için ısı yalıtım özelliği artırıcı low-e kaplamalı cam, berrak cam, seçici geçirgen cam olarak seçilmiştir. Tablo 16'da cam seçimine bağlı olarak oluşturulan iyileştirme senaryoları verilmiştir.

Çift kabuk cephe alternatifleri oluşturulmasında değişken veriler aşağıdaki gibidir:

- Dış kabukta kullanılan cam tipleri
- İki kabuk arası boşluk genişliği
- Kabuğun uygulandığı katlar

Dış kabukta kullanılan cam türleri ve camların termofiziksel-optik ve boyutsal özellikleri tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Kullanılan cam tiplerinin termofiziksel-optik ve boyutsal özellikleri

Kullanılan Cam Türlerinin Termofiziksel-Optik ve Boyutsal Özellikleri			
Termofiziksel-Optik ve Boyutsal Özellikleri	Berrak cam	Low-e cam	Seçici geçirgen cam
Kalınlık/d (mm)	6 mm	6 mm	6 mm
Toplam güneş iletimi (SHGC)	0,819	0,301	0,292
Doğrudan güneş iletimi	0,775	0,213	0,244
Işık İletimi	0,881	0,418	0,559
U değeri (w/m ² -K) (ISO 10292/EN673)	5,718	3,169	3,13
U değeri (w/m ² -K)	5,778	3,19	3,17
İletkenlik	0,9	0,704	1
Güneş geçirgenliği	0,775	0,196	0,218
Dış güneş yansıtması	0,071	0,228	0,431
Güneş yansıtması	0,071	0,371	0,592
Görünür geçirgenlik	0,881	0,419	0,56
Dış görünür geçirgenlik	0,08	0,108	0,193
İç görünür geçirgenlik	0,08	0,029	0,186
Dış emissivity	0,84	0,84	0,84
İç emissivity	0,84	0,04	0,021

Tablo 17.Çift kabuk cephe sistem uygulama yeri-Öneri 1

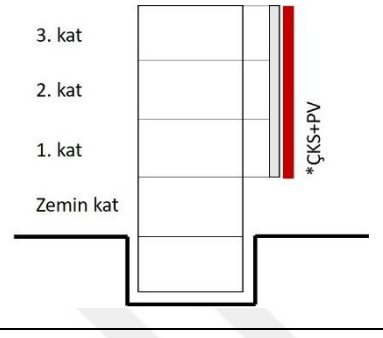
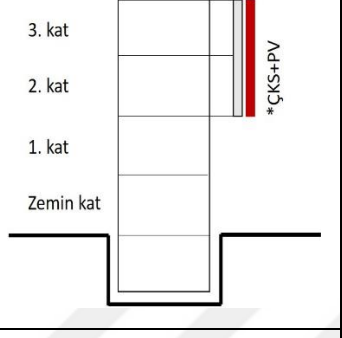
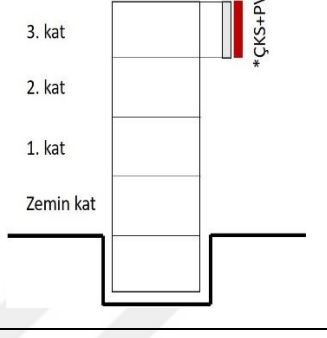
Çift kabuk sistem uygulama yeri-Öneri 1		
3. kat	3. kat	3. kat
2. kat	2. kat	2. kat
1. kat	1. kat	1. kat
Zemin kat	Zemin kat	Zemin kat
*ÇKS		
Boşluk genişliği (cm)		
50	100	150
Çift kabuk sistemde kullanılan cam tipi		
Berrak cam	Low-e kaplamalı cam	Seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam

2.1.4.3. Çift Kabuk Cephe ve PV Panel Kullanımına Bağlı İyileştirme Senaryoları

Çift kabuk cam cephe kullanımında alınan yönlenme ve cephe sistemi uygulama kararları sabit alınarak, binanın opak kısımlarına denk gelen kabuk üzerinde PV panel

uygulaması yapılmıştır. Öneri kabuk 2 PV panel uygulamasına bağlı geliştirilen senaryolar Tablo 18’de verilmiştir.

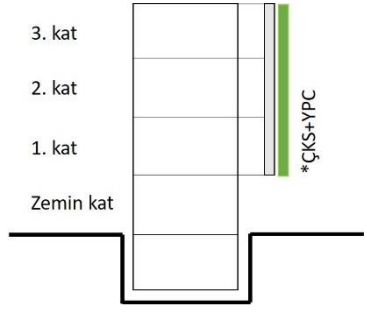
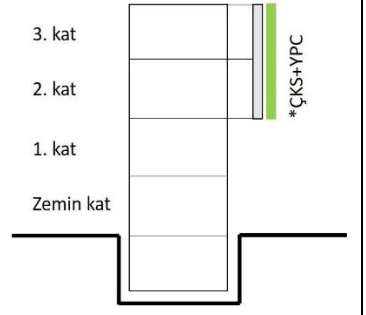
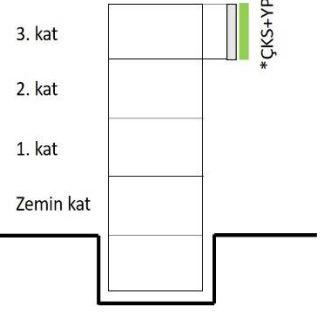
Tablo 18.Çift kabuk cephe sistem+PV panel uygulama yeri-Öneri 2

Çift kabuk sistem+PV panel uygulama yeri-Öneri 2		
		
Boşluk genişliği (cm)		
50	100	150
Çift kabuk sistemde kullanılan cam tipi		
Berrak cam	Low-e kaplamalı cam	Seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam

2.1.4.4. Çift Kabuk Cephe ve Yeşil Cephe Kullanımına Bağlı İyileştirme Senaryoları

Çift kabuk cam cephe kullanımında alınan yönlenme ve cephe sistemi uygulama kararları sabit alınarak, binanın opak kısımlarına denk gelen kabuk üzerinde panel sistem yeşil cephe uygulaması yapılmıştır. Öneri kabuk 3 yeşil cephe uygulamasına bağlı geliştirilen senaryolar Tablo 19’de verilmiştir.

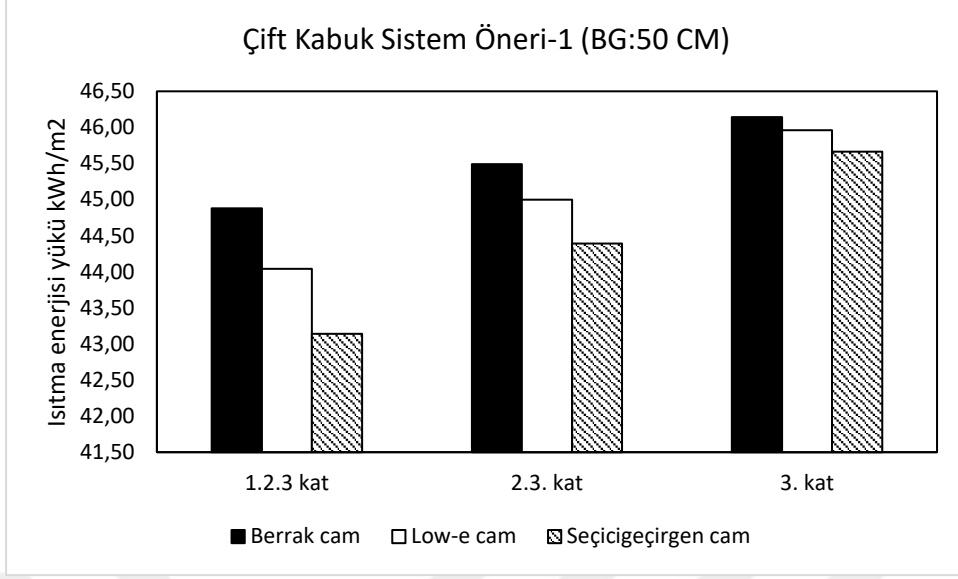
Tablo 19.Çift kabuk cephe sistem+Yeşil panel cephe uygulama yeri-Öneri 3

Çift kabuk sistem+Yeşil panel cephe uygulama yeri-Öneri 3		
		
Boşluk genişliği (cm)		
50	100	150
Çift kabuk sistemde kullanılan cam tipi		
Berrak cam	Low-e kaplamalı cam	Seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam

2.2. İyileştirme Senaryolarının Yıllık Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma Yüklerinin Hesabı

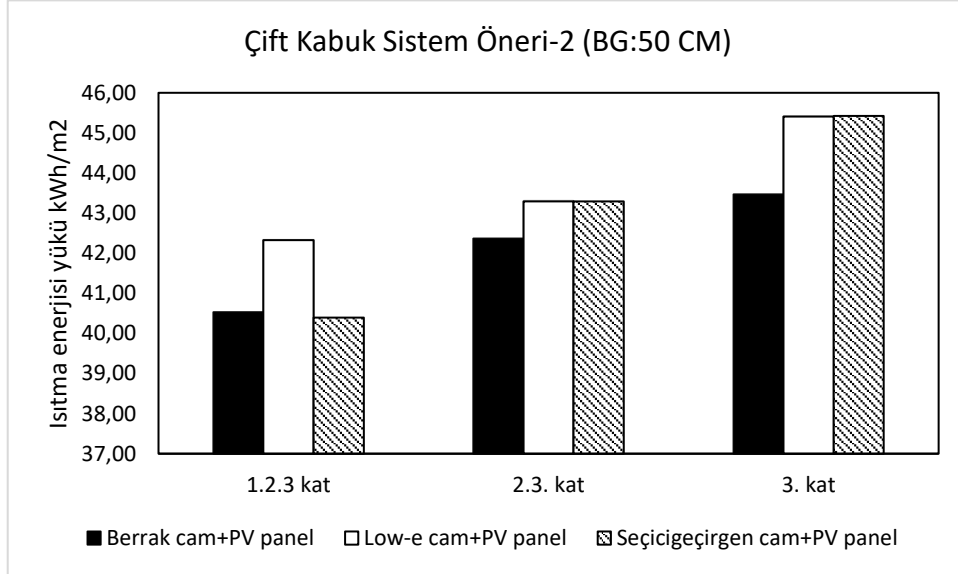
2.2.1. Isıtma Yüklerine Göre Senaryoların Karşılaştırılması

Mevcut eğitim binası projesinin enerji etkin iyileştirilmesi için önerilen üç tip kabuk senaryolarının bina ısıtma enerjisi yükleri simülasyon yapılarak hesaplanmıştır. Öneri 1, öneri 2, öneri 3 için; berrak cam, low-e yüzey kaplamalı cam ve seçici geçirgen cam ile oluşturulan senaryoların 50 cm boşluk genişliğinde, binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve sadece 3.katında uygulandığında binanın mevcut ısıtma enerjisi yüküne göre ısıtma enerjisi yükünün azaldığı görülür. Şekil 10'da çift kabuk sistem öneri 1, tüm cam tipleri ile oluşturulan 50 cm boşluk genişliğindeki senaryoların ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması yer almaktadır.



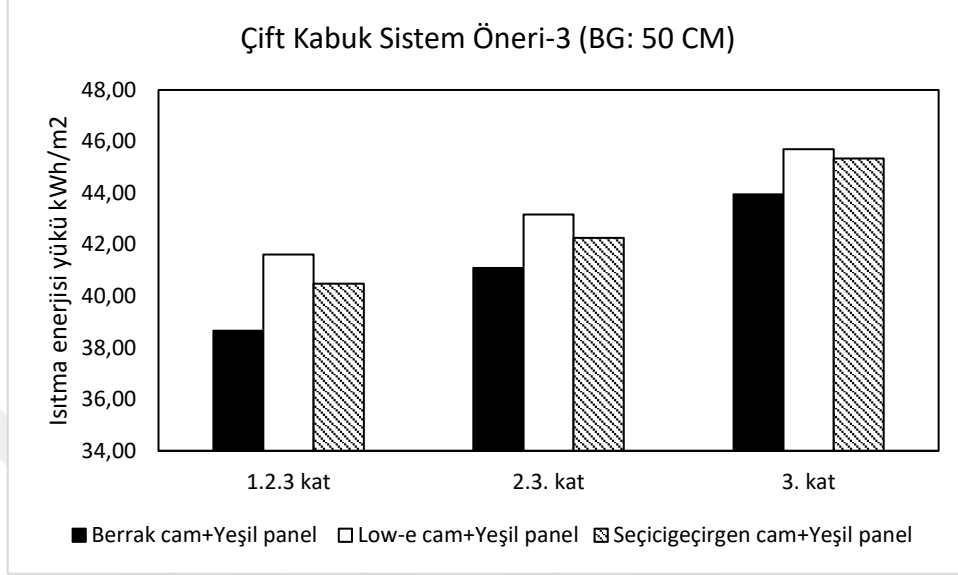
Şekil 9. Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

Çift kabuk cephe sistemi Öneri 2 senaryolarında berrak cam, low-e cam ve seçici geçirgen cam tiplerinin 50 cm boşluk genişliğindeki, senaryolarının ısıtma enerjisi yükü Şekil 11’de görülmektedir.



Şekil 10. Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

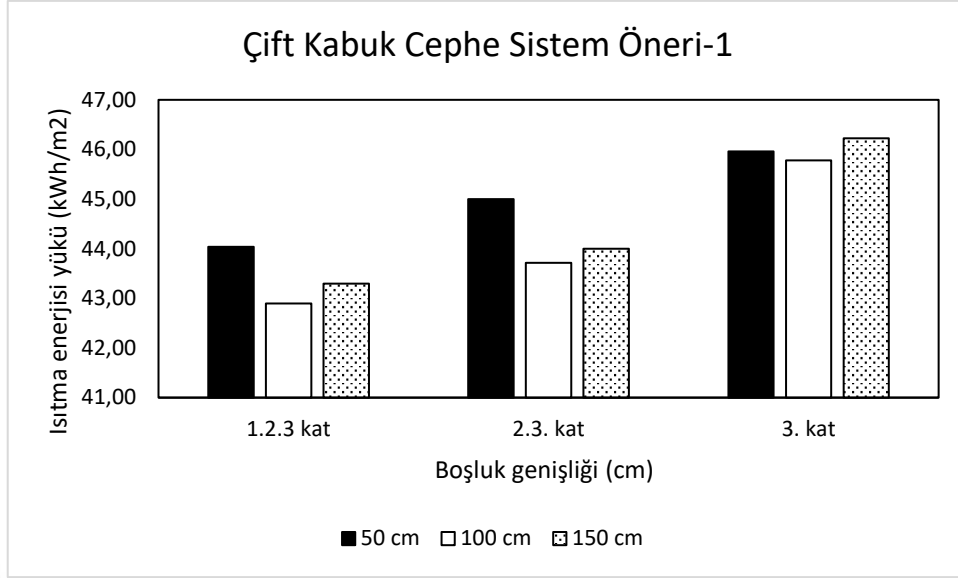
Çift kabuk cephe sistemi Öneri 3, berrak cam, low-e cam ve seçici geçirgen camın 50 cm boşluk genişliğinde uygulanan senaryolarının ısıtma enerjisi yükü Şekil 12'deki grafikte karşılaştırılmıştır.



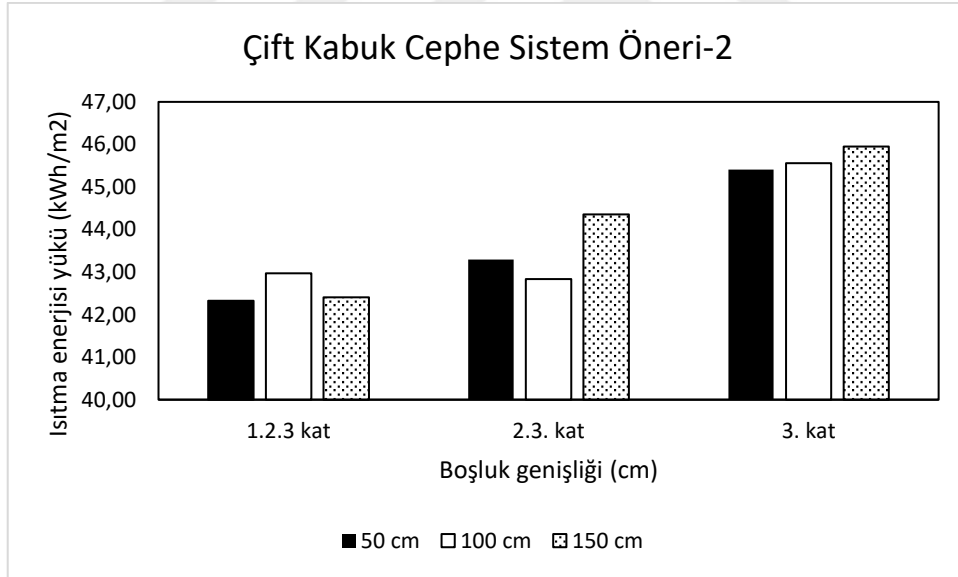
Şekil 11. Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

Önerilen kabuklardan öneri 1 ve öneri 2'de 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolar cam tiplerine göre karşılaştırıldığında ısıtma enerjisi yükünü azaltmada seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam türünün berrak cam ve low-e yüzey kaplamalı cama göre daha etkili olduğu görülmüştür. Öneri 3'de 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolar cam tiplerine göre karşılaştırıldığında ısıtma enerjisi yükünü azaltmada berrak cam diğer camlara göre daha etkili olmuştur.

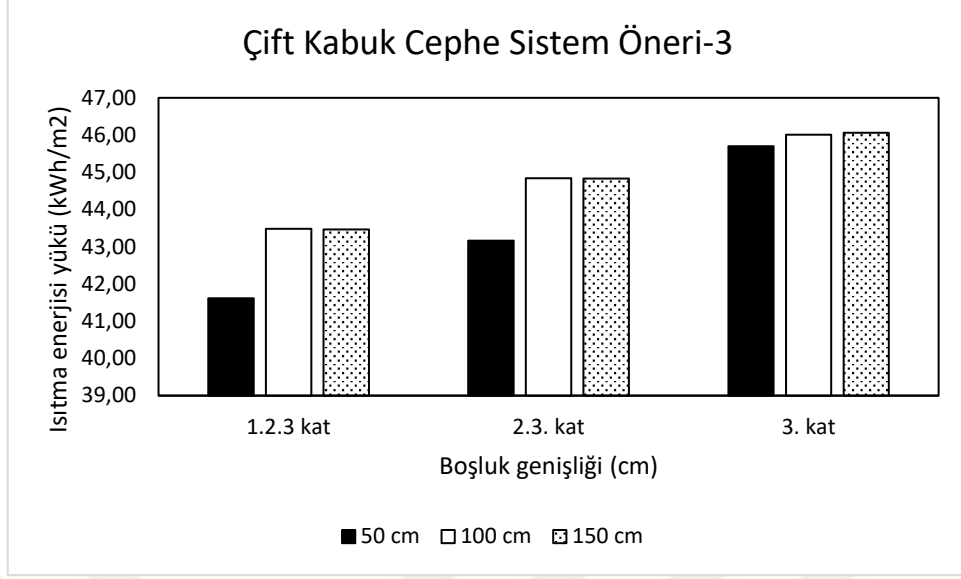
Önerilen çift kabuk cephe sistemlerinin low-e yüzey kaplamalı cam ile oluşturulan senaryolarında ısıtma enerjisi yükü incelendiğinde 50 cm, 100 cm ve 150 cm boşluk genişliğiyle binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve sadece 3.katında uygulanan senaryolarda ısıtma enerjisi yükünün binanın mevcut ısıtma enerjisi yüküne göre azaldığı görülür. Şekil 13'de çift kabuk cephe sistemi öneri 1, öneri 2, öneri 3 low-e yüzey kaplamalı cam senaryolarının boşluk genişliği değişimine bağlı ısıtma enerjisi yükleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 12. Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının ısıtma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması



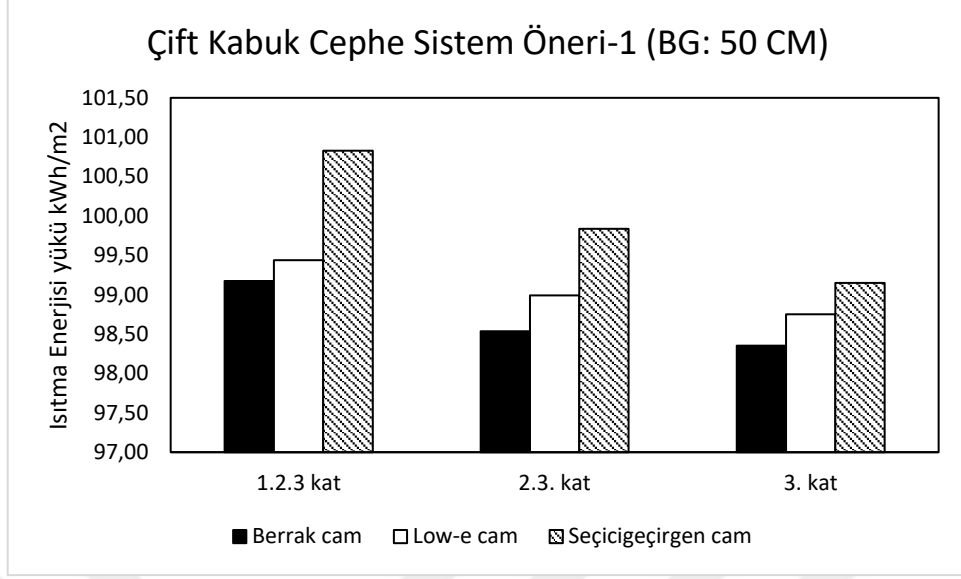
Şekil 14'de çift kabuk cephe sistem öneri 2 low-e yüzey kaplamalı cam senaryolarının boşluk genişliği değişimine bağlı ısıtma enerjisi yükleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 15’de çift kabuk cephe sistem öneri 3 low-e yüzey kaplamalı cam senaryolarının boşluk genişliği değişimine bağlı ısıtma enerjisi yükleri karşılaştırılmıştır.

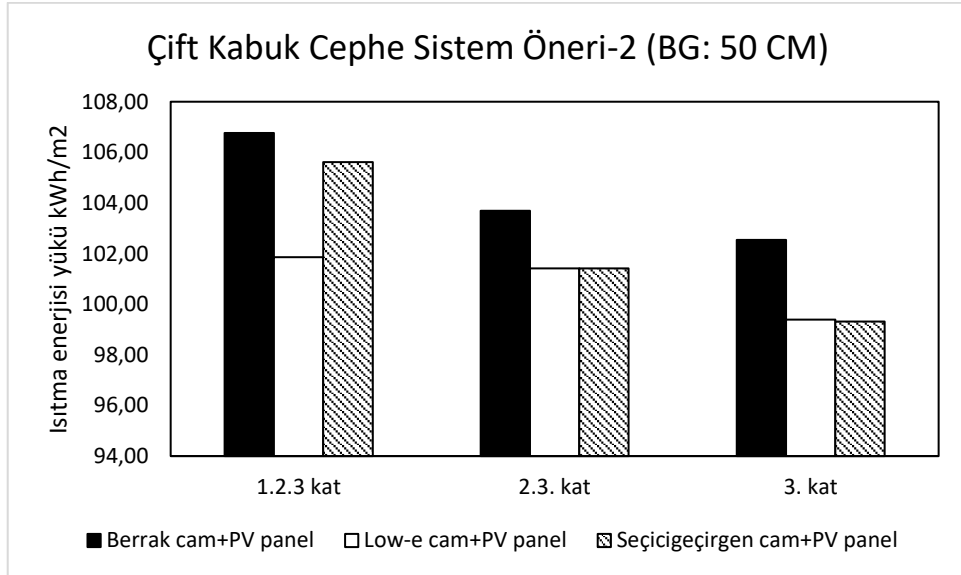
2.2.2. Soğutma Yüklerine Göre Senaryoların Karşılaştırılması

Mevcut eğitim binası projesinin enerji etkin iyileştirilmesi için önerilen üç tip kabuk senaryolarının bina soğutma enerjisi yükleri simülasyon yapılarak hesaplanmıştır. Öneri 1’de; berrak cam, low-e yüzey kaplamalı cam ve seçici geçirgen cam ile oluşturulan senaryolar 50 cm boşluk genişliğinde, binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve sadece 3.katında uygulandığında binanın mevcut soğutma enerjisi yüküne göre soğutma enerjisi yükünün arttığı görülürken, sadece berrak cam 50 cm boşluk genişliği 3. Katta uygulanan senaryo soğutma enerjisi yükünü azaltmıştır. Soğutma yüklerinin cam tiplerine göre karşılaştırılması Şekil 16’da verilmiştir.



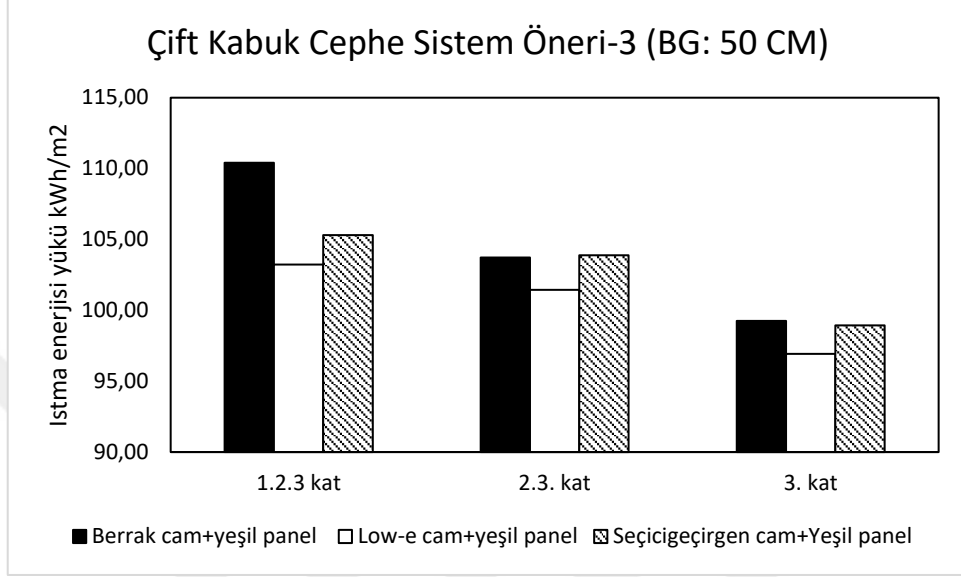
Şekil 13.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

Çift kabuk sistem öneri 2 senaryolarından 50 cm boşluk genişliğinde binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. katında uygulandığında, cam tiplerine göre soğutma yüklerinin karşılaştırılması şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 14.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

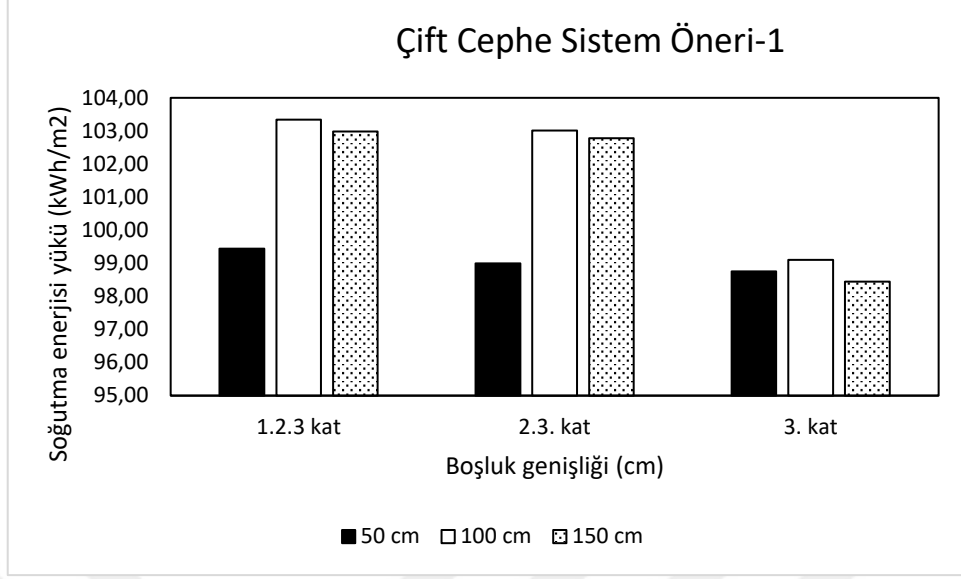
Çift kabuk sistem öneri 3 senaryoları 50 cm boşluk genişliğinde, binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. katında uygulandığında, cam tiplerine göre soğutma yüklerinin karşılaştırılması Şekil 18’de verilmiştir.



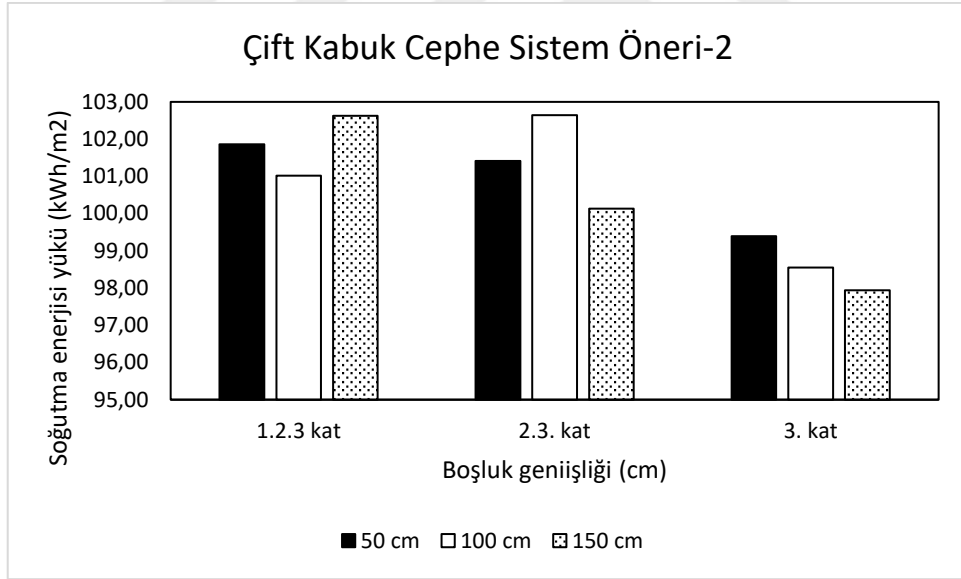
Şekil 15.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

Karşılaştırılan öneri 1, öneri 2 ve öneri 3 senaryolarından soğutma enerjisi yükünü low-e yüzey kaplamalı cam diğer cam türlerine göre daha az oranda arttırmıştır.

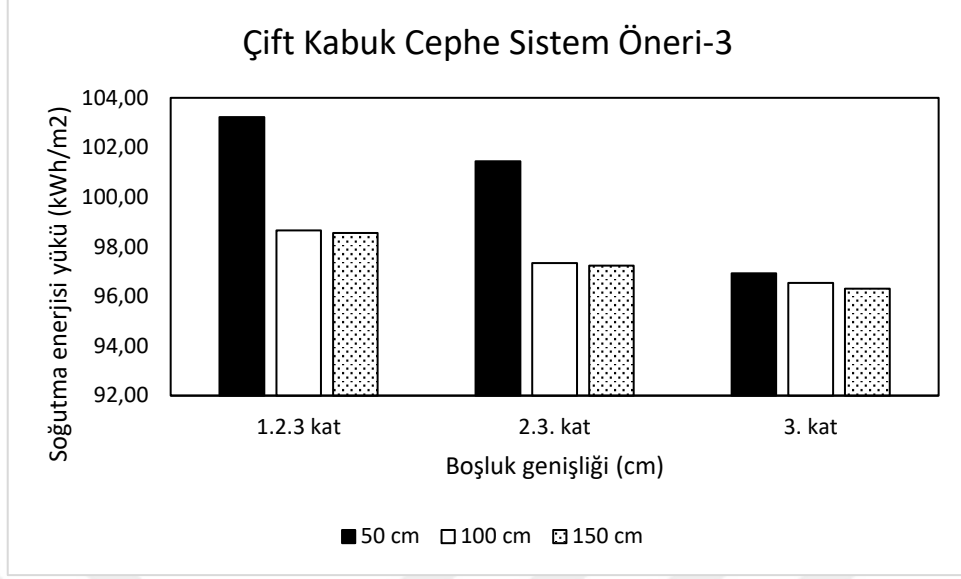
Çift kabuk cephe sistem öneri 1, 2, 3, low-e kaplamalı cam senaryolarında boşluk genişliği değişimine bağlı soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması Şekil 19’da görülmektedir.



Şekil 16.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması



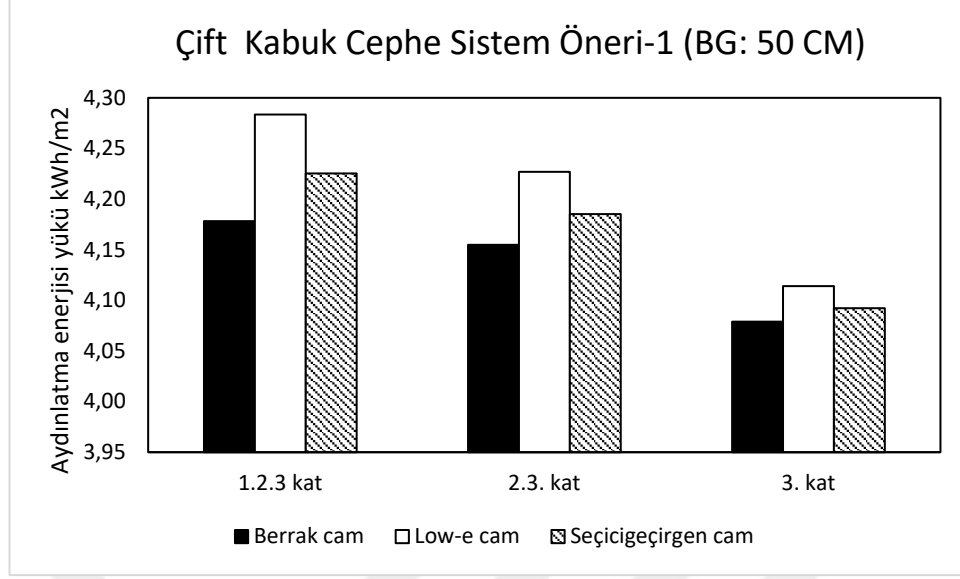
Şekil 17.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması



Şekil 18.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının soğutma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

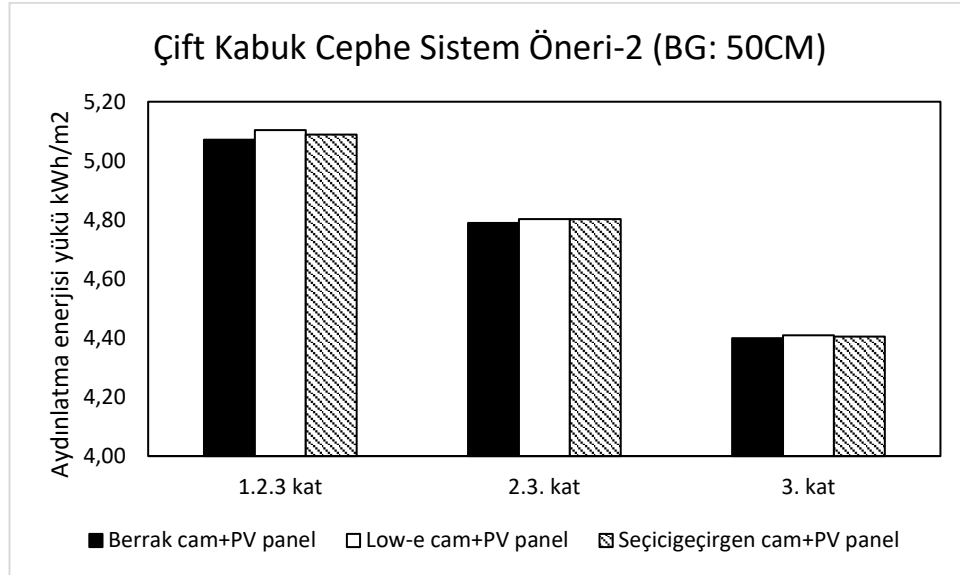
2.2.3. Aydınlatma Yüklerine Göre Senaryoların Karşılaştırılması

Mevcut eğitim binası projesinin enerji etkin iyileştirilmesinde önerilen üç tip çift kabuk sistem senaryoları bina aydınlatma enerjisi yükleri simülasyon yapılarak hesaplanmıştır. Çift kabuk sistemi öneri 1 senaryolarından 50 cm boşluk genişliğinde, binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. katında uygulanmasının cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması Şekil 22’de verilmiştir.



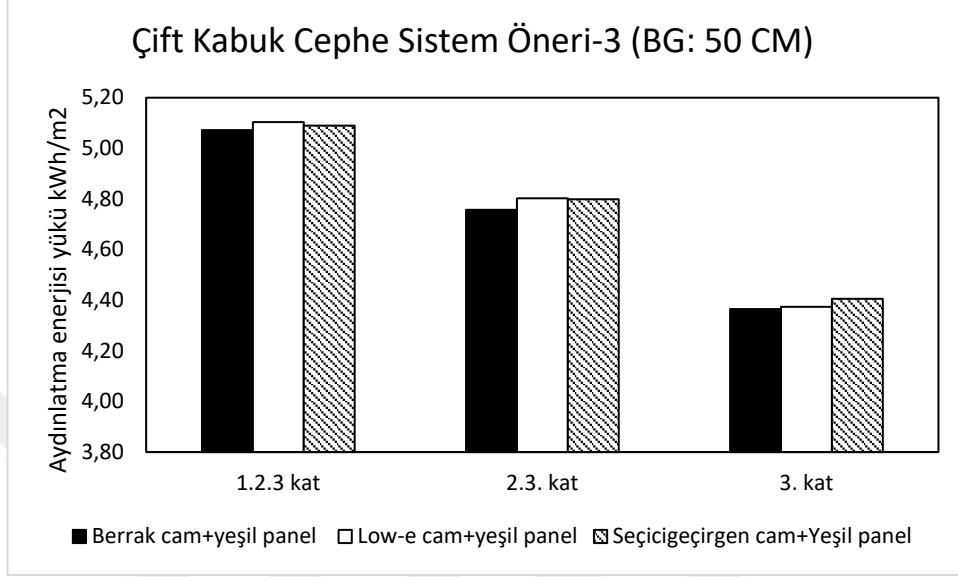
Şekil 19.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

Çift kabuk sistemi öneri 2, senaryolarından 50 cm boşluk genişliğinde, binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. katında uygulanmasının cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması Şekil 23’de verilmiştir.



Şekil 20.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

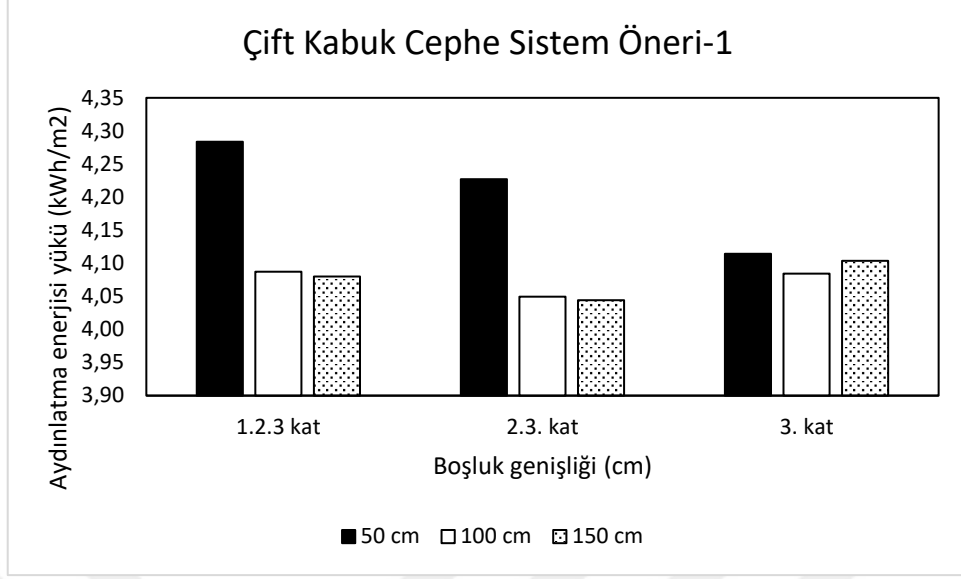
Çift kabuk sistemi öneri 3, senaryolarından 50 cm boşluk genişliğinde, binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. katında uygulanmasının cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması Şekil 24’de verilmiştir.



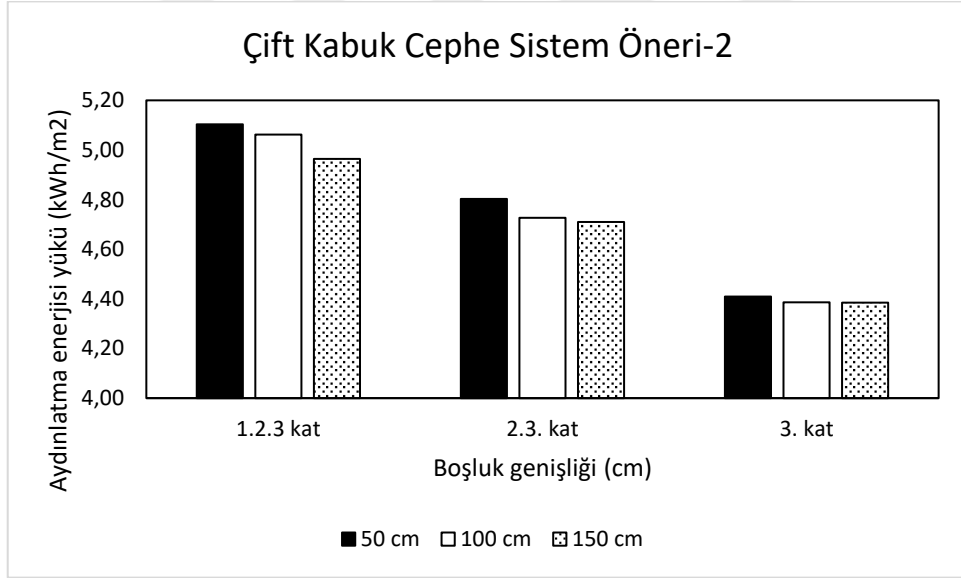
Şekil 21. Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

Öneri 1, öneri 2, öneri 3 senaryolarından 50 cm boşluk genişliği ile uygulanan senaryolarda aydınlatma enerjisi yükünün berrak cam senaryolarında diğer cam türü senaryolarına göre daha az oranda arttığı görülür.

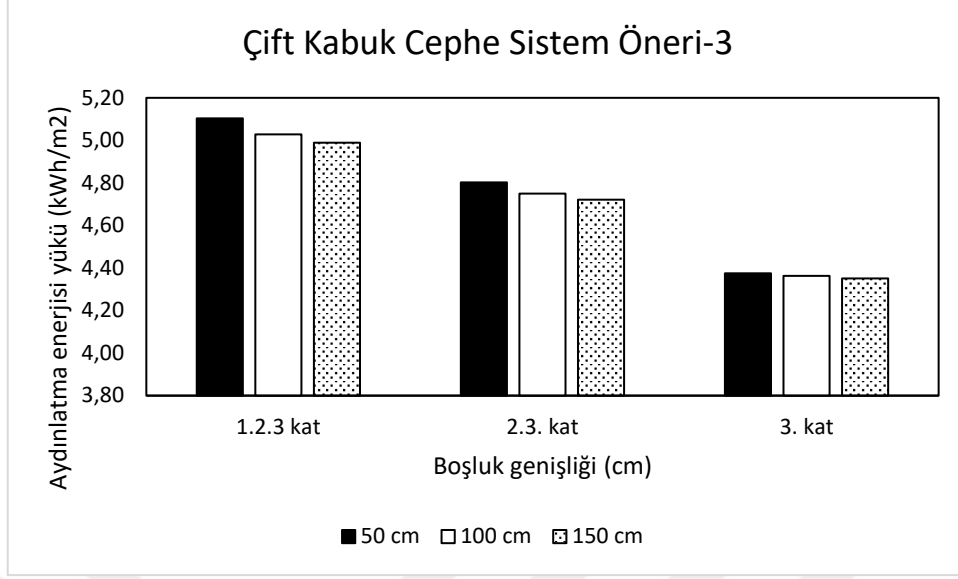
Çift kabuk cephe sistemlerinden öneri 1, öneri 2 ve öneri 3 low-e yüzey kaplamalı cam 50 cm, 100 cm, 150 cm boşluk genişliğiyle binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve sadece 3.katında uygulanan senaryoların aydınlatma enerjisi yükünü binanın mevcut aydınlatma enerjisi yüküne göre arttırdığı görülür. Aşağıdaki grafiklerde çift kabuk cephe sistemi öneri 1, öneri 2, öneri 3 low-e yüzey kaplamalı cam senaryolarının boşluk genişliği değişimine bağlı aydınlatma enerjisi yükleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 22. Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması



Şekil 23. Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

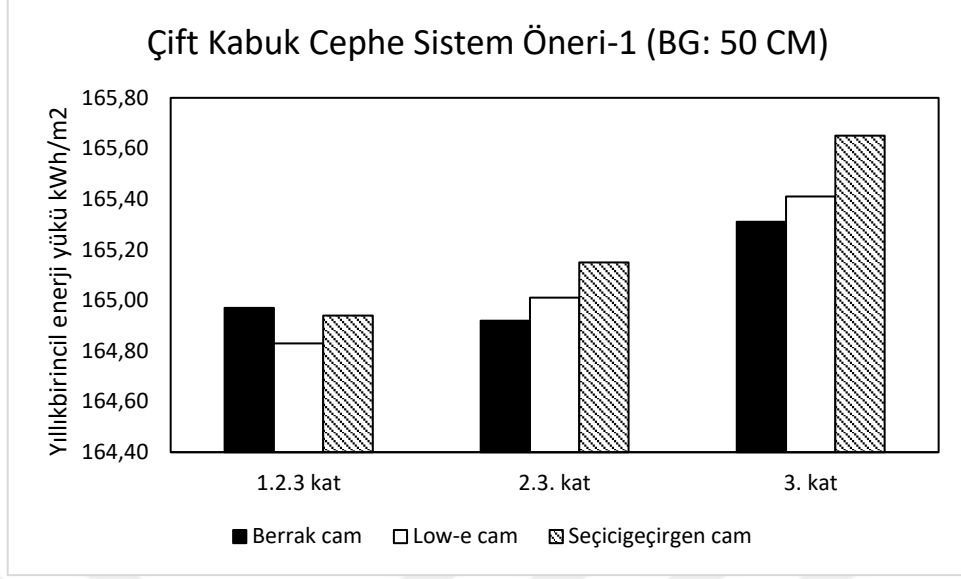


Şekil 24.Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

Öneri 1, öneri 2, öneri 3 low-e yüzey kaplamalı cam senaryolarında boşluk genişliğinin artması aydınlatma enerjisi yükünü diğer cam türlerine göre daha az oranda arttırmıştır.

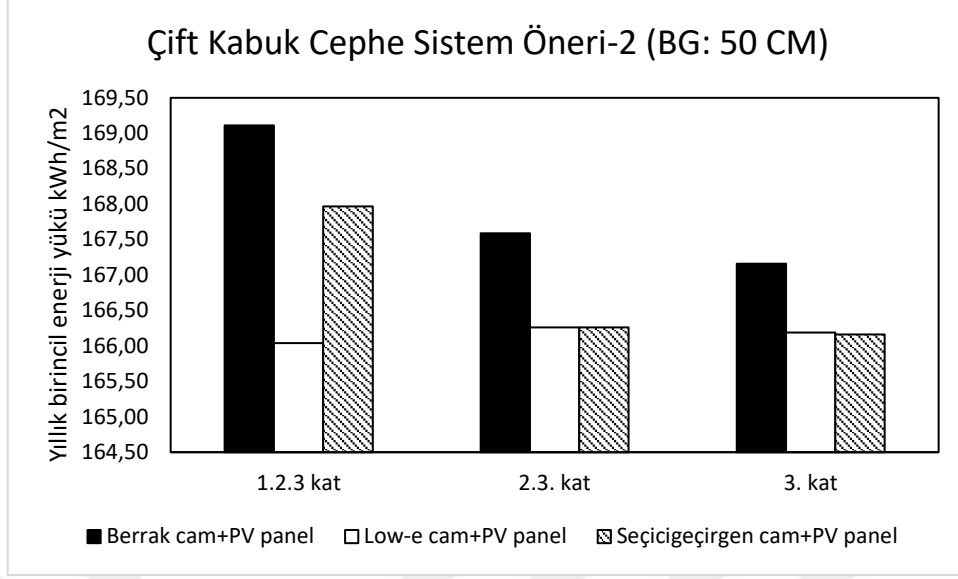
2.2.4. Yıllık Birincil Toplam Enerji Yüküne Göre Senaryoların Karşılaştırılması

Önerilen çift kabuk cephe sistem senaryolarının her birinin yıllık birincil enerji yükü hesap edilmiş ve geliştirilen bazı senaryoların binanın yıllık birincil enerji yükünü belli oranlarda azalttığı görülmüştür. Öneri 1’de 50 cm boşluk genişliği tüm cam senaryoları yıllık birincil enerji yükü azaltılmıştır. Bu öneride yıllık birincil enerji yükünün azaltılmasında diğer senaryolara oranla low-e cam senaryosu daha etkindir. Çift kabuk sistem öneri 1; 50 cm boşluk genişliğinde binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. katında uygulandığı senaryolarının cam tiplerine göre yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması şekil 28’de verilmiştir.



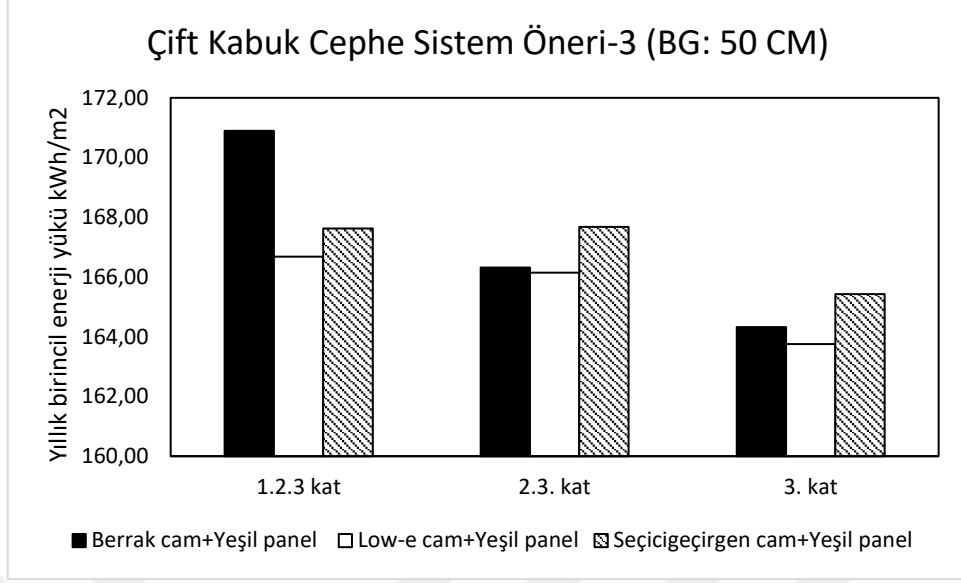
Şekil 25.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 cam tiplerine göre yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması

Öneri 2’de 50 cm boşluk genişliği tüm cam senaryoları yıllık birincil enerji yükünü arttırmıştır. Bu öneride yıllık birincil enerji yükünü diğer senaryolara oranla low-e cam senaryosunda daha az artış göstermiştir. Çift kabuk sistem öneri 2, 50 cm boşluk genişliğinde binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. Katında uygulandığı senaryolarının cam tiplerine göre yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması Şekil 29’da verilmiştir.



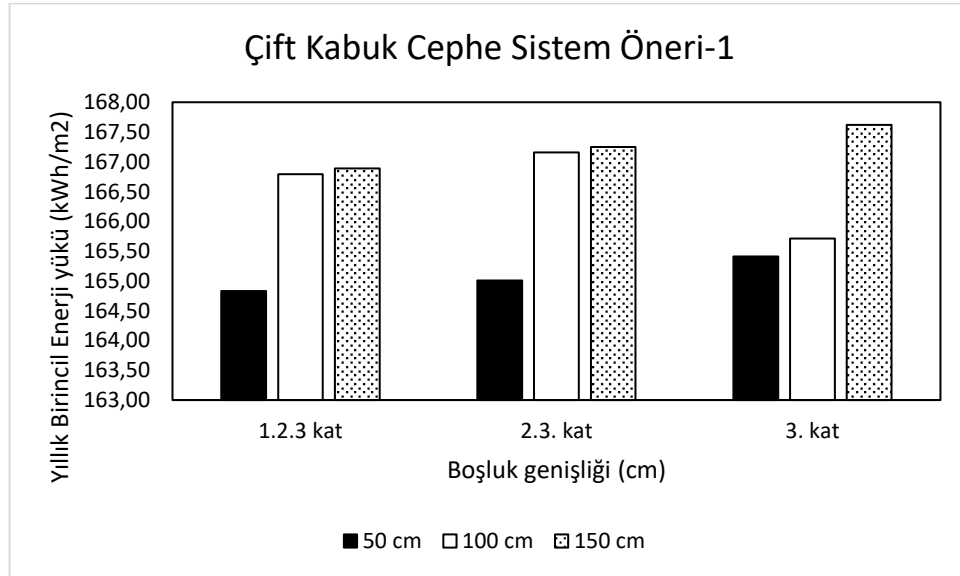
Şekil 26.Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 cam tiplerine göre yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması

Öneri 3’de yıllık birincil enerji yükü 50 cm boşluk genişliği tüm cam tipleri senaryolarından 3. katta uygulananlarda azalırken; diğer katlarda yapılan uygulamalarda artmıştır. Bu öneride yıllık birincil enerji yükünü üzerinde diğer senaryolara oranla low-e cam senaryosu daha etkilidir. Çift kabuk sistem öneri 3, 50 cm boşluk genişliğinde binanın 1.2.3. katında, 2.3. katında ve 3. Katında uygulandığı senaryolarının cam tiplerine göre yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması aşağıdaki grafikte verilmiştir.

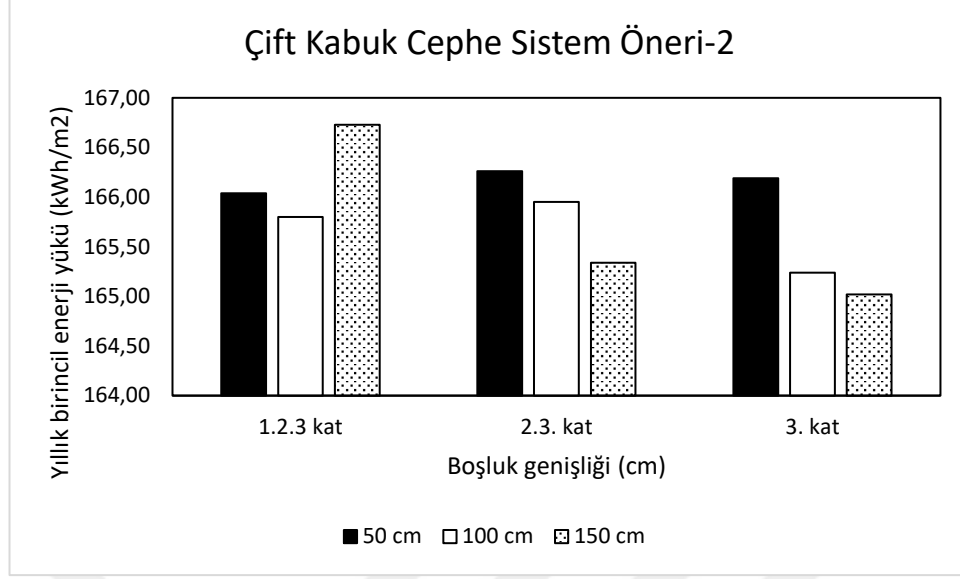


Şekil 27. Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 cam tiplerine göre aydınlatma enerjisi yüklerinin karşılaştırılması

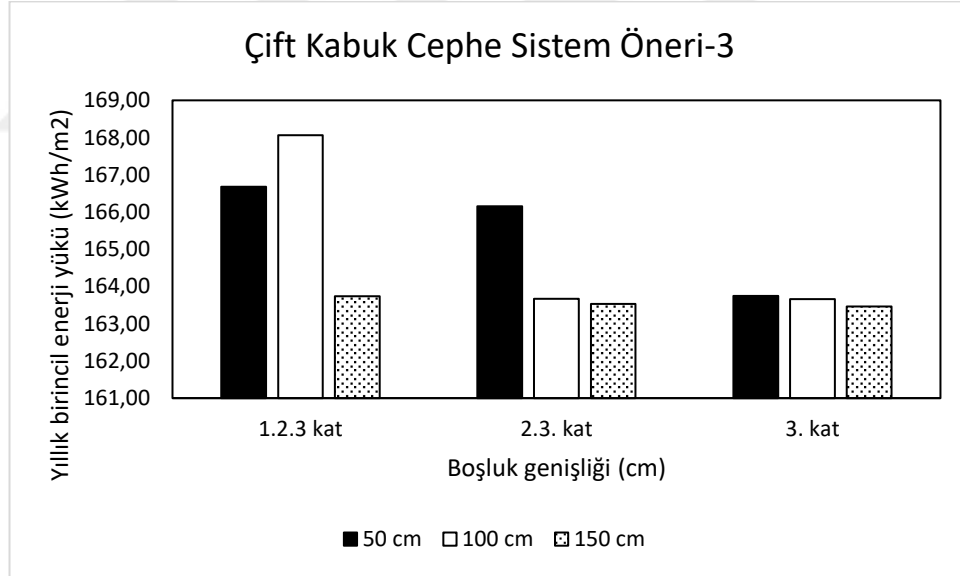
Aşağıdaki grafikte çift kabuk cephe sistemi öneri 1, öneri 2, öneri 3 low-e yüzey kaplamalı cam senaryolarının boşluk genişliği değişimine bağlı aydınlatma enerjisi yükleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 28.Çift kabuk cephe sistemi öneri 1 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması



Şekil 29. Çift kabuk cephe sistemi öneri 2 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması

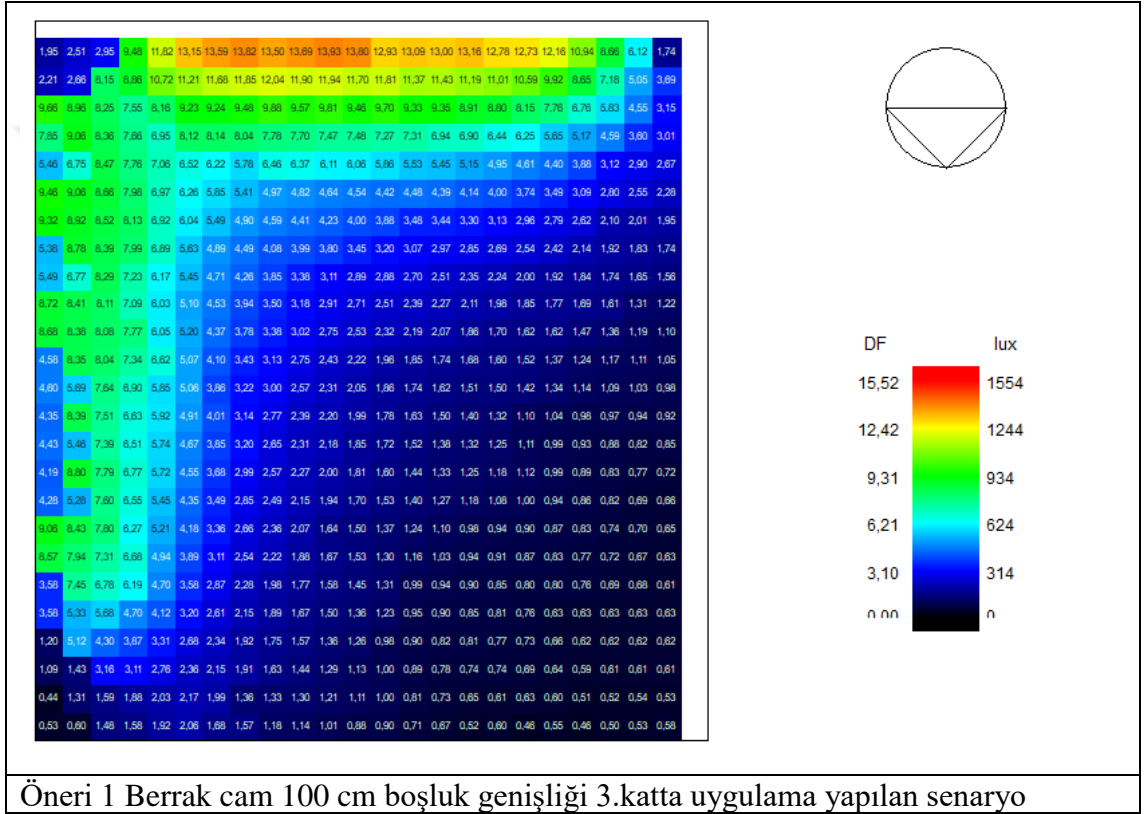


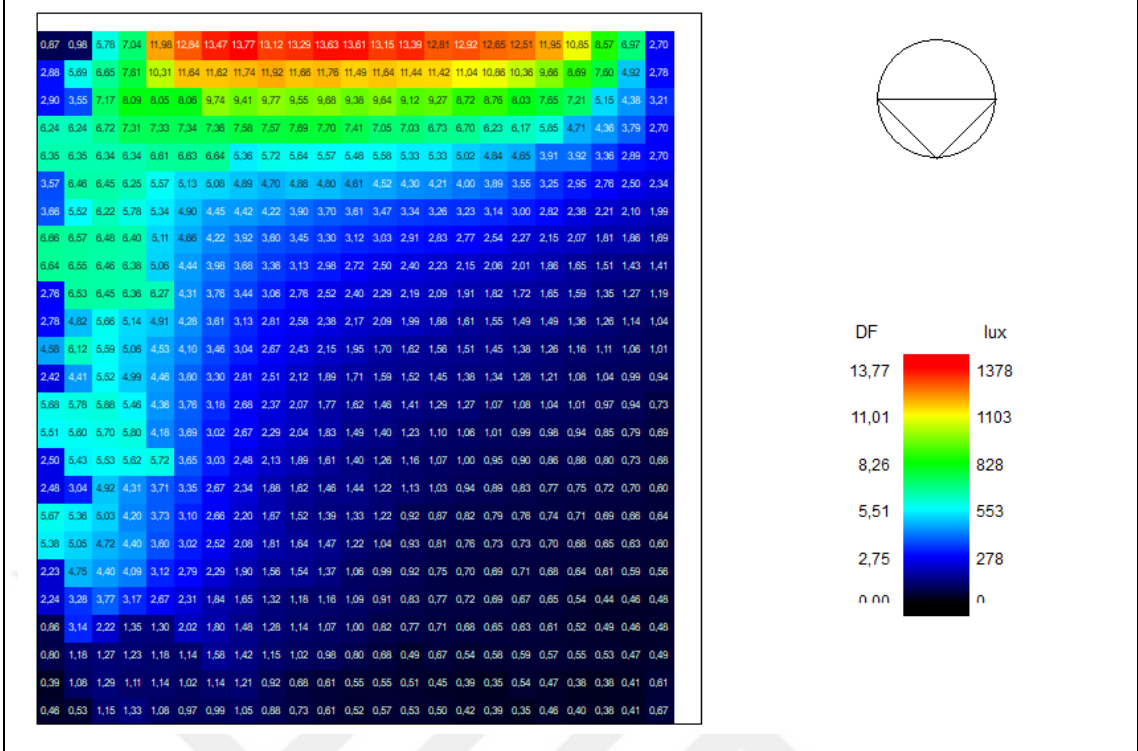
Şekil 30. Çift kabuk cephe sistemi öneri 3 boşluk genişliğine göre low-e cam senaryolarının yıllık birincil enerji yüklerinin karşılaştırılması

2.2.5. Senaryolarda Yer Alan Güney Yönündeki Dersliklerin Aydınlatma Haritalarının Karşılaştırılması

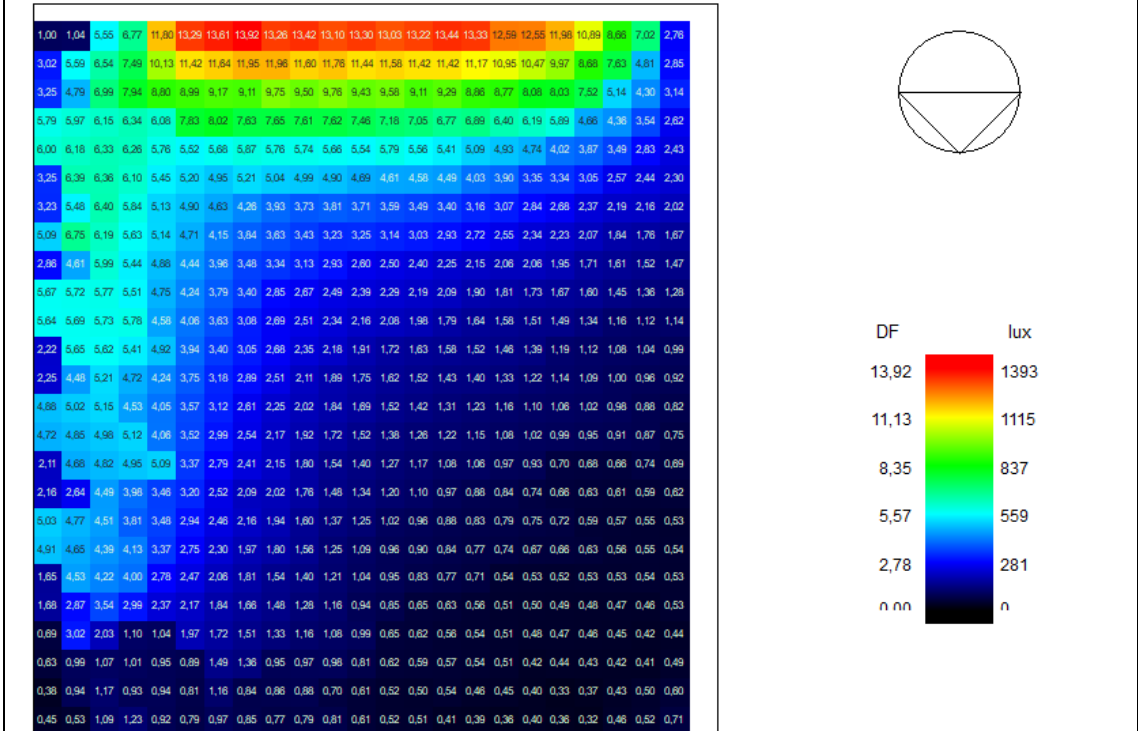
Çift kabuk sistem öneri 1, öneri 2, öneri 3 senaryolarının her biri aydınlatma enerjisi yükünü arttırmıştır. Aydınlatma enerjisi yükü bakımından en iyi sonucu veren öneri 1, öneri 2, öneri 3 senaryolarının aydınlatma haritaları tablo 20’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 20. Aydınlatma haritalarının karşılaştırılması





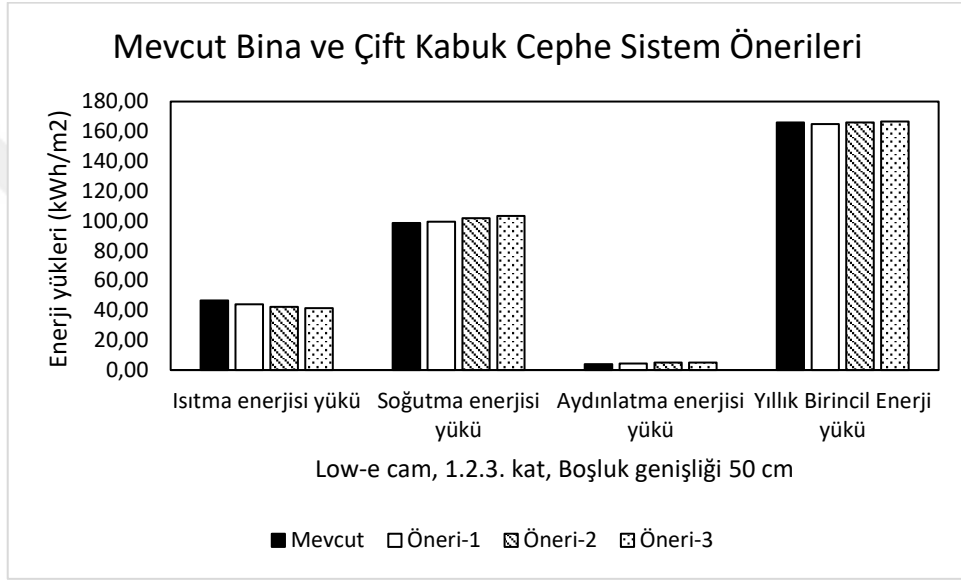
Öneri 2 Berrak cam+PV panel 150 cm boşluk genişliği 3.katta uygulama yapılan senaryo



Öneri 3 Berrak cam+Yeşil panel 100 cm boşluk genişliği 3.katta uygulama yapılan senaryo

2.2.6. Enerji Etkinlik Performansı Açısından Optimum Sonucu Veren Senaryolar ve Grafik Olarak Karşılaştırılması

Çift kabuk cephe sistem önerileri low-e cam uygulaması, low-e cam ve fotovoltaik panel uygulaması, low-e cam ve yeşil cephe paneli uygulaması; 50 cm boşluk genişliği, binanın 1.2.3. katında uygulanan senaryoları ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji yükleri bakımından mevcut duruma göre aşağıdaki grafikte karşılaştırılmıştır.



Şekil 31.Çift kabuk cephe sistemi optimum senaryoların karşılaştırılması

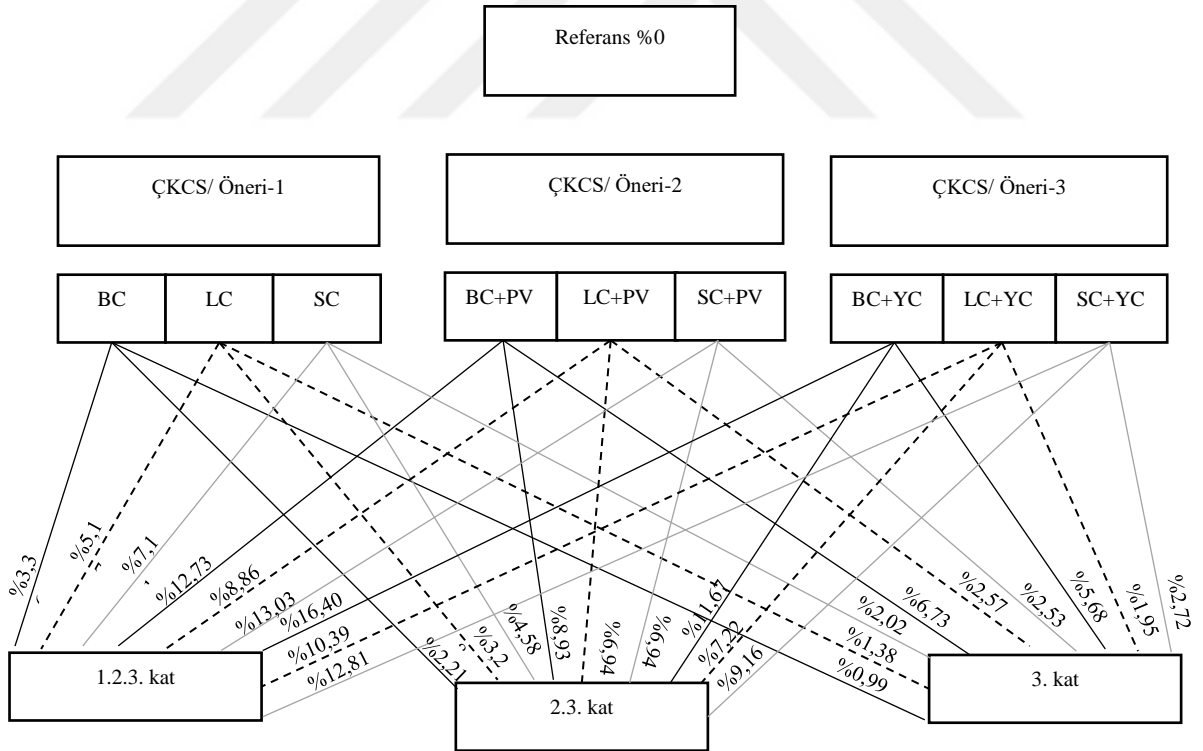
Grafikte karşılaştırılan low-e cam senaryolarında ısıtma enerjisi bakımından öneri 3 low-e cam ve yeşil cephe paneli senaryosu, soğutma enerjisi yükü, aydınlatma enerjisi yükü ve yıllık birincil enerji yükü bakımından öneri 1 low-e cam senaryosu en etkin senaryolardır.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Senaryoların Isıtma Enerjisi Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi

Çift kabuk cephe sistemleri öneri senaryoları ısıtma enerjisi yükü her bir senaryo için değişim göstermiş ve bu senaryolar farklı oranlarda ısıtma enerjisi yükünü azaltmışlardır. Çift kabuk cephe sistem öneri 2 ve öneri 3 senaryoları ısıtma enerjisi yükünü azaltmada öneri 1 senaryolarına göre daha iyi performans göstermiştir. Aşağıdaki şemada; önerilen çift kabuk cephe sistemleri senaryolarının 50 cm boşluk genişliğinde mevcut projenin ısıtma enerjisi yüküne göre ısıtma enerjisi yükünü azaltması performans yüzdeleri gösterilmiştir.

Şekil 32'de önerilen çift kabuk cephe sistemlerin 50 cm boşluk genişlikli senaryoları ısıtma enerjisi yükü performans yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 32.Çift kabuk cephe sistemlerin 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarının ısıtma enerjisi yükü performans yüzdeleri

Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğinde önerilen senaryolarının ısıtma enerjisi yükünü azaltmadaki performanslarına bakıldığında cam tiplerinin, uygulanan katların ve çift kabuk cephe sistemleri oluşturulmasında kullanılan fotovoltaik panel ve yeşil cephe paneli etkilerinin değerlendirilmesi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Öneri 1’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda ısıtma enerjisi yükünü azaltmada seçici geçirgen cam, berrak cam ve low-e yüzey kaplamalı cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3.katta uygulanan seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ısıtma enerjisi yükünü %7,1 oranında azaltırken; berrak cam %3,3 oranında azaltmıştır.
- Öneri 2’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda ısıtma enerjisi yükünü azaltmada seçici geçirgen cam, berrak cam ve low-e yüzey kaplamalı cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3.katta uygulanan seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ısıtma enerjisi yükünü %13,03 oranında azaltırken; low-e yüzey kaplamalı cam %8,86 oranında azaltmıştır.
- Öneri 3’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda ısıtma enerjisi yükünü azaltmada berrak cam, low-e yüzey kaplamalı cam ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3.katta uygulanan berrak cam ısıtma enerjisi yükünü %16,40 oranında azaltırken; low-e yüzey kaplamalı cam %10,39 oranında azaltmıştır.
- Öneri 2’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen fotovoltaik paneller ısıtma enerjisi performansı bakımından camların performansını arttırmıştır. Öneri 1’de berrak camın %3,36 oranında azaltma sağladığı ısıtma yükünün berrak cam önüne eklenen PV paneller ile oluşturulan öneri 2’de %12,73 oranında azalttığı görülür. Low-e yüzey kaplamalı camda ise bu performansın %5,17’den %3,76’ya; seçici geçirgen camda %7,11’den %13,03’e yükseldiği görülmüştür. Dolayısıyla PV panel eklenmesi berrak cam performansını diğer cam türlerine göre daha fazla arttırmıştır.
- Öneri 3’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen yeşil cephe modülleri ısıtma enerjisi performansı bakımından camların performansını

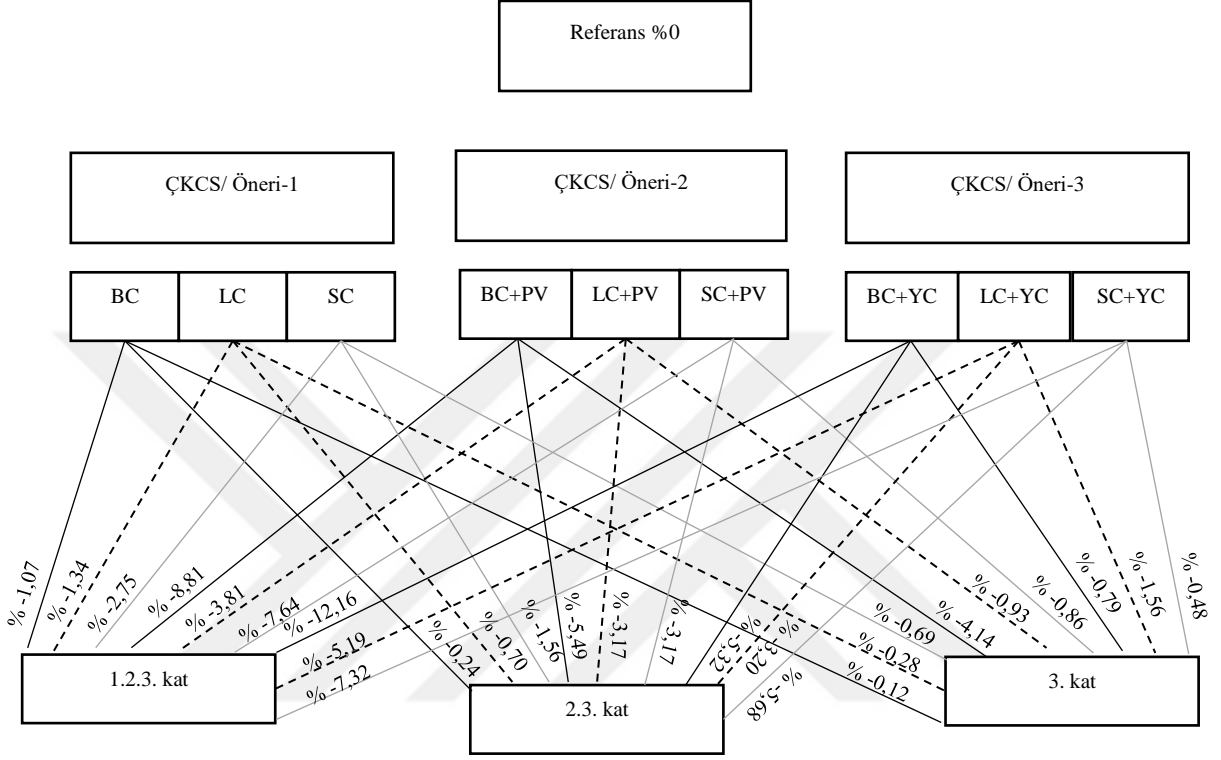
arttırmıştır. Öneri 1’de berrak camın %3,36 oranında azaltma sağladığı ısıtma yükünün berrak cam önüne eklenen yeşil cephe modülü eklenmesiyle oluşturulan öneri 3’de %16,40 oranında azalttığı görülür. Low-e yüzey kaplamalı camda ise bu performansın %5,17’den %10,39’a; seçici geçirgen camda %7,11’den %12,81’e yükseldiği görülmüştür. Dolayısıyla yeşil cephe modülü eklenmesi berrak cam performansını diğer cam türlerine göre daha fazla arttırmıştır.

- Önerilen tüm senaryolarda çift kabuk cephe sistemlerinin binanın dersliklerinin bulunduğu 1.2.3. katlarında uygulanması ısıtma enerjisi yükünü azaltmasında daha iyi performans ele edilmesini sağlamıştır.

3.2. Senaryoların Soğutma Enerjisi Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi

Çift kabuk cephe sistemleri öneri senaryoları soğutma enerjisi yükü her bir senaryo için değişim göstermiş ve bu senaryolar farklı oranlarda soğutma enerjisi yükünü arttırmışlar veya azaltmışlardır. Çift kabuk cephe sistem öneri 1 senaryoları soğutma enerjisi yükünü azaltmada öneri 2 ve öneri 3 senaryolarına göre daha iyi performans göstermişlerdir. Aşağıdaki şemada; önerilen çift kabuk cephe sistemleri senaryolarının 50 cm boşluk genişliğinde mevcut projenin soğutma enerjisi yüküne etki yüzdeleri gösterilmiştir.

Şekil 33'de önerilen çift kabuk cephe sistemlerinin 50 cm boşluk genişlikli senaryoları soğutma enerjisi yükü performans yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 33.Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğindeki senaryoların soğutma yükü performansı yüzdeleri

Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğinde önerilen senaryolarının soğutma enerjisi yükü bakımından performanslarına bakıldığında cam tiplerinin, uygulanan katların ve çift kabuk cephe sistemleri oluşturulmasında kullanılan fotovoltaik panel ve yeşil cephe paneli etkilerinin değerlendirilmesi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

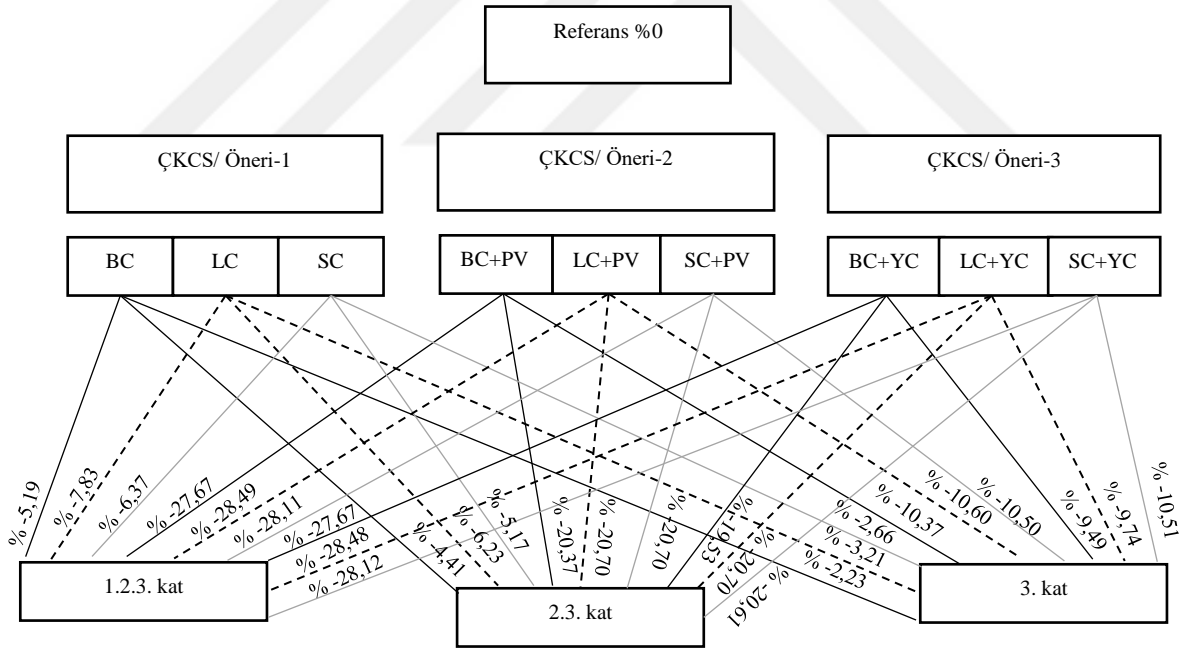
- Öneri 1'de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda soğutma enerjisi yükü performansı bakımından berrak cam, seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ve low-e yüzey kaplamalı cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan berrak cam soğutma enerjisi yüküne % -1,7 oranında etki ederken; seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam % -2,75 oranında etki etmiştir.
- Öneri 2'de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda soğutma enerjisi yükü performansı bakımından low-e cam, seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ve berrak

- cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan low-e cam soğutma enerjisi yüküne % -3,81 oranında etki ederken; berrak cam % -8,81 oranında etkilediği görülmüştür.
- Öneri 3’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda soğutma enerjisi yükü performansı bakımından low-e cam 1.2.3. katta uygulanan senaryolarda; seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ise sadece 3. katta uygulanan senaryolarda diğer cam türlerine göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan low-e cam soğutma enerjisi yükünü % -5,19 oranında etkilerken; berrak cam % -12,16 oranında etkilemiştir.
 - Öneri 2’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen fotovoltaik paneller soğutma enerjisi performansı bakımından camların performansını azaltmıştır. Öneri 1’de berrak camın %-1,07 oranında etkilediği soğutma yükünü; berrak cam önüne eklenen PV paneller ile oluşturulan öneri 2’de %-8,81’e değiştirdiği görülür. Low-e yüzey kaplamalı camda ise bu performansın %-1,34’den %-3,81’e; seçici geçirgen camda %-2,75’den %-7,64’e azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla PV panel eklenmesi low-e cam performansını diğer cam türlerine göre daha az etkilemiş ve soğutma enerjisi yükünü daha az oranda arttırmıştır.
 - Öneri 3’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen yeşil cephe modülleri soğutma enerjisi yükünü arttırmış veya azaltmıştır. Öneri 1’de berrak camın %-1,07 oranında değiştiği soğutma yükünün berrak cam önüne yeşil cephe modülü eklenmesiyle oluşturulan öneri 3’de %-12,16 orana değişim göstermiştir. Low-e yüzey kaplamalı camda ise bu performansın %-1,34’den %-5,19’a; seçici geçirgen camda %-2,75’den %-7,32’e azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla yeşil cephe modülü eklenmesi low-e cam performansını diğer cam türlerine göre daha az etkilemiştir.
 - Önerilen tüm senaryolarda çift kabuk cephe sistemlerinin binanın dış duvarlarının bulunduğu cephede ve 3. katlarında uygulanması soğutma enerjisi yükü performansını daha az oranda olumsuz etkilemiştir.

3.3. Senaryoların Aydınlatma Enerjisi Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi

Çift kabuk cephe sistemleri öneri senaryoları aydınlatma enerjisi yükü her bir senaryo için değişim göstermiş ve bu senaryolar farklı oranlarda aydınlatma enerjisi yükünü arttırmışlardır. Çift kabuk cephe sistem öneri 1 senaryoları aydınlatma enerjisi yükünü; öneri 2 ve öneri 3 senaryolarına göre daha az oranda arttırmıştır. Aşağıdaki şemada; önerilen çift kabuk cephe sistemleri senaryolarının 50 cm boşluk genişliğinde mevcut projenin aydınlatma enerjisi yüküne göre aydınlatma enerjisi yükünü arttırması performans yüzdeleri gösterilmiştir.

Şekil 34'de önerilen çift kabuk cephe sistemlerinin 50 cm boşluk genişlikli senaryoları aydınlatma enerjisi yükü performans yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 34.Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğindeki senaryoların aydınlatma enerjisi yükü performans yüzdeleri

Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğinde önerilen senaryolarının aydınlatma enerjisi yükü bakımından performanslarına bakıldığında cam tiplerinin, uygulanan katların

ve çift kabuk cephe sistemleri oluşturulmasında kullanılan fotovoltaik panel ve yeşil cephe paneli etkilerinin değerlendirilmesi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Öneri 1’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda aydınlatma enerjisi yükü performansı bakımından berrak cam, seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ve low-e yüzey kaplamalı cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan berrak cam aydınlatma enerjisi yüküne % -5,19 oranında etki ederken; low-e yüzey kaplamalı cam % -7,83 oranında etki etmiştir.
- Öneri 2’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda aydınlatma enerjisi yükü performansı bakımından berrak cam, seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ve low-e cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan berrak cam aydınlatma enerjisi yüküne % -27,67 oranında etki ederken; low-e camın % -28,49 oranında etkilediği görülmüştür.
- Öneri 3’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda aydınlatma enerjisi yükü performansı bakımından berrak cam; seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ve low-e cam türlerine göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan berrak cam aydınlatma enerjisi yükünü % -27,67 oranında etkilerken; seçici geçirgen cam % -28,12 oranında etkilemiştir.
- Öneri 2’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen fotovoltaik paneller aydınlatma enerjisi performansı bakımından camların performansını azaltmıştır. Öneri 1’de berrak camın % -5,19 oranında etkilediği aydınlatma yükünü; berrak cam önüne eklenen PV paneller ile oluşturulan öneri 2’de % -27,67’e değiştirdiği görülür. Low-e yüzey kaplamalı camda ise bu performansın % -7,83’den % -28,49’a; seçici geçirgen camda % -6,37’den % -28,11’e azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla PV panel eklenmesi berrak cam performansını diğer cam türlerine göre daha az etkilemiş ve aydınlatma enerjisi yükünü daha az oranda arttırmıştır.
- Öneri 3’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen yeşil cephe modülleri aydınlatma enerjisi yükünü arttırmıştır. Öneri 1’de berrak camın % -5,19 oranında değiştirdiği aydınlatma yükünün berrak cam önüne yeşil cephe modülü eklenmesiyle oluşturulan öneri 3’de % -27,67 orana değişim göstermiştir. Low-e

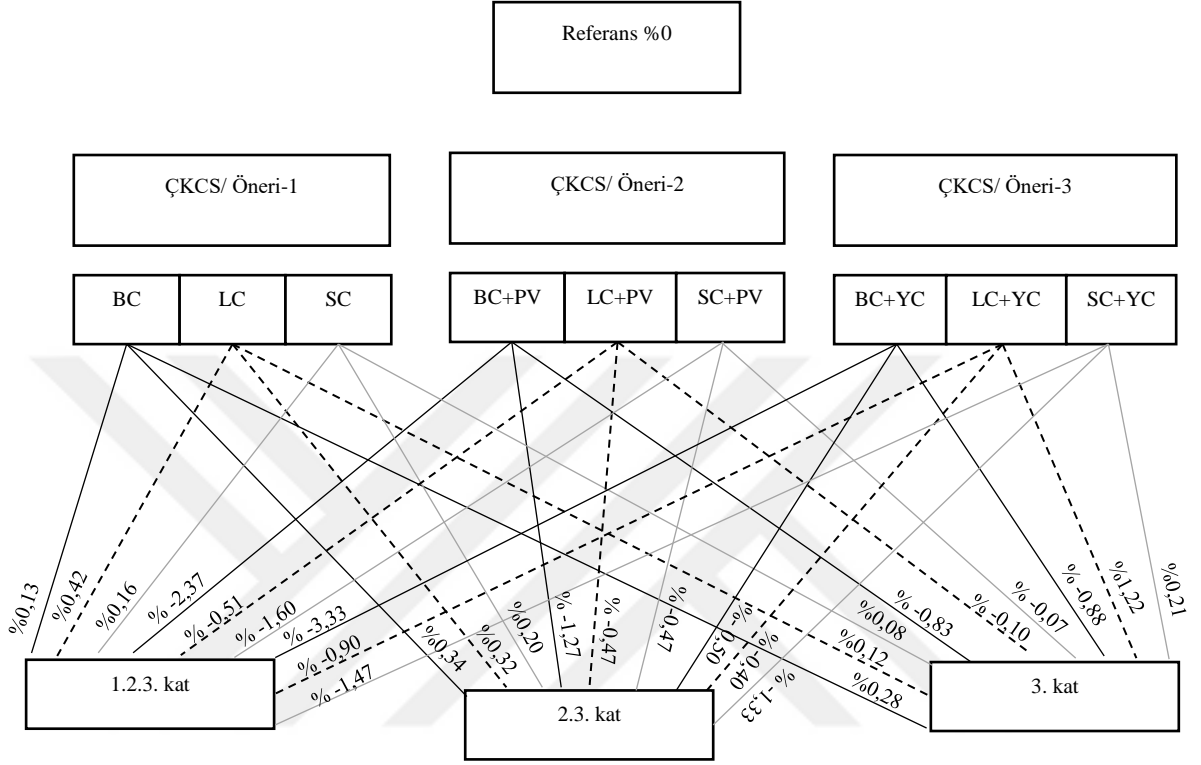
yüzey kaplamalı camda ise bu performansın %-7,83'den %-28,48'e; seçici geçirgen camda %-6,37'den %-28,12'ye azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla yeşil cephe modülü eklenmesi berrak cam performansını diğer cam türlerine göre daha az etkilemiştir.

- Önerilen tüm senaryolarda çift kabuk cephe sistemlerinin binanın dersliklerinin bulunduğu cephede ve 3. katlarında uygulanması aydınlatma enerjisi yükü performansını diğer katlarda uygulanan senaryolara göre daha az olumsuz etkilemiştir.

3.4. Senaryoların Yıllık Birincil Enerji Yükü Performanslarının Değerlendirilmesi

Çift kabuk cephe sistemleri öneri senaryoları yıllık birincil enerji yükü her bir senaryo için değişim göstermiş ve bu senaryolar farklı oranlarda yıllık birincil enerji yükü performansına etki etmişlerdir. Çift kabuk cephe sistem öneri 1 ve öneri 3 senaryolarının yıllık birincil enerji yükünü arttırdığı veya azalttığı görülürken; öneri 2'nin tüm senaryolarında yıllık birincil enerji yükünün arttığı görülmüştür. Aşağıdaki şemada; önerilen çift kabuk cephe sistemleri senaryolarının 50 cm boşluk genişliğinde mevcut projenin yıllık birincil enerji yüküne göre yıllık birincil enerji yükü performansı etki yüzdeleri gösterilmiştir.

Şekil 35’de önerilen çift kabuk cephe sistemlerinin 50 cm boşluk genişlikli senaryoları yıllık birincil enerji yükü performans yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 35.Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğindeki senaryoların yıllık birincil enerji yükü performans yüzdeleri

Çift kabuk cephe sistemleri 50 cm boşluk genişliğinde önerilen senaryolarının yıllık birincil enerji yükü bakımından performanslarına bakıldığında cam tiplerinin, uygulanan katların ve çift kabuk cephe sistemleri oluşturulmasında kullanılan fotovoltaik panel ve yeşil cephe paneli etkilerinin değerlendirilmesi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Öneri 1’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda yıllık birincil enerji yükü performansı bakımından low-e yüzey kaplamalı cam; berrak cam ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan low-e cam yıllık birincil enerji yüküne %0,42 oranında etki ederken; berrak cam %0,13 oranında etki etmiştir.
- Öneri 2’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda yıllık birincil enerji yükü performansı bakımından low-e cam, berrak cam ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam türüne göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan low-e

cam yıllık birincil enerji yüküne % -0,51 oranında etki ederken; berrak camın % -2,37 oranında etkilediği görülmüştür.

- Öneri 3’de, 50 cm boşluk genişliğindeki senaryolarda yıllık birincil enerji yükü performansı bakımından low-e cam; seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ve berrak cam türlerine göre daha etkili olmuştur. Bu senaryolardan 1.2.3 katta uygulanan low-e cam yıllık birincil enerjisi yükünü % -0,90 oranında etkilerken; berrak cam % -3,33 oranında etkilemiştir.
- Öneri 2’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen fotovoltaik paneller yıllık birincil enerji yükü performansı bakımından camların performansını azaltmıştır. Öneri 1’de berrak camın %0,13 oranında etkilediği yıllık birincil enerji yükünü; berrak cam önüne eklenen PV paneller ile oluşturulan öneri 2’de %-2,37’ye değiştirdiği görülür. Low-e yüzey kaplamalı camda ise bu performansın %0,42’den %-0,51’e; seçici geçirgen camda %0,16’dan %-1,60’a azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla PV panel eklenmesi low-e cam performansını diğer cam türlerine göre daha az etkilemiş ve aydınlatma enerjisi yükünü daha az oranda arttırmıştır.
- Öneri 3’de, berrak cam, low-e yüzey kaplamalı ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camların önüne binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde eklenen yeşil cephe modülleri yıllık birincil enerji yükünü arttırmıştır. Öneri 1’de berrak camın %0,13 oranında değiştiği yıllık birincil enerji yükünün berrak cam önüne yeşil cephe modülü eklenmesiyle oluşturulan öneri 3’de %-3,33 orana değişim göstermiştir. Low-e yüzey kaplamalı camda ise bu performansın %0,42’den %-0,90’a; seçici geçirgen camda %0,16’dan %-1,47’ye değiştiği görülmüştür. Dolayısıyla yeşil cephe modülü eklenmesi low-e cam performansını diğer cam türlerine göre daha az etkilemiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma Milli Eğitim Bakanlığı Li-24 kodlu tip lise binası projesinin Samsun iklimi koşullarında ele alınarak enerji performansı iyileştirilmesi önerilerinin geliştirilmesini ve etkin iyileştirme senaryosunu ortaya koymayı amaçlar. Bu doğrultuda binalarda ısı kayıp ve kazançlarının en fazla gerçekleştiği yapı kabuğunun enerji etkin iyileştirilmesi teknolojik ve yenilikçi yöntemlerle ele alınmıştır. Binanın enerji etkin iyileştirilmesi dersliklerin bulunduğu katlarda ve dersliklerin bulunduğu her iki cephe üzerinde geliştirilen senaryolar ile yapılmıştır. Her 2 cephede uygulanan 3 adet öneri çift kabuk cephe sistem tipinin cam tipi, boşluk genişliği ve binaya uygulandığı katların değişimi, fotovoltaik panel, yeşil cephe modülü kullanılması ile farklı senaryolar uygulanmış ve bu senaryoların simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon hesap sonuçları ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji yükleri ve mevcut durumun enerji yükleri grafikler aracılığı ile karşılaştırılmıştır. Senaryoların enerji yükleri cam tipi, boşluk genişliği, fotovoltaik panel, yeşil cephe paneli eklenmesinin etkileri ve uygulanan katların değişimi açısından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır;

- Çift kabuk cephe sistemi önerileri binanın ısıtma enerjisi tüketimini azaltmada etkili olmuştur. Binanın ısıtma enerjisinin azaltılmasında; kullanılan cam türleri farklı oranlarda iyileştirme etkisi göstermişlerdir. Öneri 1’de low-e yüzey kaplamalı cam , öneri 2’de seçici geçirgen yüzey kaplamalı cam ve öneri 3’de berrak cam en etkin performansı göstermiştir.
- Öneri 2’de tüm cam türlerinin önüne 50 cm boşluk genişliği ile eklenen fotovoltaik paneller camların ısıtma enerjisi performansını desteklemiştir. Mevcut bina projesinin yıllık ısıtma enerjisi yükünün seçici geçirgen cam+pv panel senaryolarında %13,03’lük bir azalış ile iyileştirilmiş olduğu görülmüştür. Bu iyileştirme oranı çift kabuk cephe sistemleri öneri 2 senaryolarının en etkin olanıdır.
- Öneri 3’de tüm cam türlerinin önüne 50 cm boşluk genişliği ile eklenen yeşil cephe modülleri camların ısıtma enerjisi performansını desteklemiştir. Mevcut bina projesinin yıllık ısıtma enerjisi yükünün berrak cam+yeşil cephe modülü senaryolarında %16,40’lik bir azalış ile iyileştirilmiş olduğu görülmüştür. Bu iyileştirme oranı çift kabuk cephe sistemleri öneri 3 senaryolarının en etkin olanıdır.

- Mevcut eğitim binası projesinde çift katlı hava tabakalı low-e cam kullanılmıştır. Berrak camın yeşil cephe modülü ile birlikte kullanılması durumunda kabuğun sızdırmazlık özelliği artmıştır. Aynı zamanda berrak camın güneş ışınımı geçirgenliğinin fazla olmasından dolayı referans binadaki low-e camin performansını desteklemiştir. Dolayısıyla önerilen berrak cam+yeşil cephe modülü; low-e cam ve seçici geçirgen cam ile önerilen senaryolara göre daha etkindir.
- Öneri 2 ve öneri 3’de fotovoltaik panellerin ve yeşil cephe panellerinin binanın opak kısımlarına denk gelecek şekilde 50 cm boşluk genişliği ile eklenmesi duvarın yalıtım ve sızdırmazlık özelliğini arttırmıştır. Bu durum ısıtma enerjisi yükünün azalmasına soğutma enerjisi yükünün artmasına neden olmuştur.
- Önerilen senaryoların dersliklerin bulunduğu 1.2.3.katta uygulanması ısıtma enerjisi yükünün azaltılmasında en etkin sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.
- Önerilen çift kabuk cephe sistemleri senaryolarında boşluk genişliğinin artması bazı senaryolarda ısıtma enerjisi yükünü azaltırken, bazı senaryolarda arttırmıştır. Low-e yüzey kaplamalı cam senaryolarına bakıldığında öneri 1’de 100 cm boşluk genişliğinde ısıtma enerjisi performansını %7,62 arttırırken; öneri 2 ve öneri 3’de 50 cm boşluk genişliğiyle ısıtma enerjisi performansını sırasıyla %8,86; %10,39 oranında arttırmıştır.
- Binanın soğutma enerjisi tüketimi uygulanan çift kabuk sistemlerinin çoğunda artmasına sebep olmuştur. Öneri 1’de berrak cam, öneri 2’de low-e cam, öneri 3’de low-e cam soğutma enerjisi yükünü azaltan cam türleridir.
- Binanın sadece 3. katında uygulandığı senaryolarda soğutma enerjisi yükünü azaltmada olumlu sonuç görülmektedir.
- Çift kabuk cephe sistemleri oluşturulmasında fotovoltaik panel kullanılması berrak cam ve seçici geçirgen yüzey kaplamalı camın soğutma enerjisi yükü performansını olumlu etkilemiştir. Yeşil cephe modülü kullanılması ise low-e camın soğutma enerjisi performansını desteklemiştir.
- Önerilen çift kabuk cephe sistemleri senaryolarında boşluk genişliğinin artması soğutma enerjisi yükünü performansı üzerinde olumlu etkiler göstermiştir.
- Binanın aydınlatma enerjisi tüketimi uygulanan çift kabuk sistemlerin tüm senaryolarında artmasına sebep olmuştur. Öneri 1 aydınlatma enerjisi yükü

performansı bakımından öneri 2 ve öneri 3'e göre daha etkindir. Öneri 1 berrak cam senaryosu %-5,19 aydınlatma yükünü arttırırken; öneri 2 ve öneri 3'de %-27,67 oranında artış görülmektedir.

- Önerilen çift kabuk cephe sistemleri senaryolarında boşluk genişliğinin artması aydınlatma enerjisi yükü performansı üzerinde olumlu etkiler göstermiştir.
- Binanın yıllık birincil enerjisi tüketimi uygulanan çift kabuk sistemlerinin çoğunda artmasına sebep olmuştur. Bu durumun önerilen çift kabuk cephe sistemlerinin aydınlatma enerjisi yükünün bir yıllık hesap edilmesi ve soğutma enerjisi yükünün sadece yaz dönemini kapsamaması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Yıllık birincil enerji yükünün azaltıldığı senaryolar öneri 1'de berrak cam, öneri 2'de ve öneri 3'de seçici geçirgen cam ile geliştirilen senaryolardır.

Aşağıdaki tabloda çift kabuk sistem öneri 1 için; parametrelerin ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji yüküne etki dereceleri gösterilmiştir.

Tablo 21.Çift kabuk cephe sistem öneri 1 parametrelerin etki dereceleri

Öneri 1	Parametreler	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Yıllık birincil
Cam türü	Berrak cam	x	x	xx	xxx
	Low-e cam	xxx	xxx	xxx	x
	Seçici geçirgen cam	xx	xx	x	xx
Boşluk genişliği	50 cm	x	x	x	xxx
	100 cm	xxx	xx	xx	xx
	150 cm	xx	xxx	xxx	x
Uygulama yeri	1.2.3. kat	xxx	x	x	x
	2.3. kat	xx	xx	xx	xx
	3. kat	x	xxx	xxx	xxx
xxx: çok etkili		xx: etkili		x: az etkili	

Aşağıdaki tabloda çift kabuk sistem öneri 2 için; parametrelerin ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji yüküne etki dereceleri gösterilmiştir.

Tablo 22.Çift kabuk cephe sistem öneri 2 parametrelerin etki dereceleri

Öneri 2	Parametreler	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Yıllık birincil
Cam türü	Berrak cam	xx	x	xxx	x
	Low-e cam	x	xxx	x	xxx
	Seçici geçirgen cam	xxx	xx	xx	xx
Boşluk genişliği	50 cm	xxx	x	x	x
	100 cm	xx	xx	xx	xx
	150 cm	x	xxx	xxx	xxx
Uygulama yeri	1.2.3. kat	xxx	x	x	x
	2.3. kat	xx	xx	xx	xx
	3. kat	x	xxx	xxx	xxx
xxx: çok etkili		xx: etkili		x: az etkili	

Aşağıdaki tabloda çift kabuk sistem öneri 3 için; parametrelerin ısıtma, soğutma, aydınlatma ve yıllık birincil enerji yüküne etki dereceleri gösterilmiştir.

Tablo 23.Çift kabuk cephe sistem öneri 3 parametrelerin etki dereceleri

Öneri 3	Parametreler	Isıtma	Soğutma	Aydınlatma	Yıllık birincil
Cam türü	Berrak cam	xxx	x	xxx	x
	Low-e cam	x	xx	xx	xx
	Seçici geçirgen cam	xx	xxx	x	xxx
Boşluk genişliği	50 cm	xxx	x	x	x
	100 cm	x	xxx	xx	xx
	150 cm	xx	xx	xxx	xxx
Uygulama yeri	1.2.3. kat	xxx	x	x	x
	2.3. kat	xx	xx	xx	xx
	3. kat	x	xxx	xxx	xxx
xxx: çok etkili		xx: etkili		x: az etkili	

Bu çalışmada bulunan sonuçlar; Türkiye'deki eğitim binaları tip projelerinin veya mevcut eğitim binalarının enerji etkinliğinin artırılmasının önemini anlaşılmasında kamu kurum ve kuruluşlarına, eğitimcilere ve öğrencilere yol gösterici olacaktır.

5. ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak mevcut eğitim binalarının veya eğitim binası tip projelerinin enerji etkin iyileştirilmesi üzerine çalışmak isteyen araştırmacılar için sunulan öneriler aşağıda verilmiştir;

- Bu tez çalışmasında referans bina projesindeki cam türü, tabaka sayısı, iki cam tabakası arası boşluk genişliği değiştirilmeksizin ikinci kabuk önerilerinde bulunulmuştur. Referans binadaki cam türü, cam tabaka sayısı, saydamlık oranı, tabakalar arası boşluk genişliği ve boşlukta bulunan gazın cinsi değiştirilerek binanın enerji etkinliğine etkileri araştırılabilir.
- Referans binada saydam yüzey alanı ve opak yüzey alanı değiştirilerek, önerilen çift kabuk cephe sistemlerinin enerji etkinliklerine etkileri incelenebilir.
- Önerilen çift kabuk cephe sistemlerinde berrak cam, low-e yüzey kaplamalı cam, seçici geçirgen cam türleri düşey düzlemde düz bir yüzey olarak uygulanmıştır. Çift kabuk cephe sistemi oluşturulmasında prizmatik, kırıklı veya açılı düzlemlerin binanın enerji etkinliğine etkileri incelenebilir.
- Geliştirilen çift kabuk cephe sistemlerinde gölgeleme elemanı kullanılmamış; dolayısıyla soğutma enerjisi yükü bakımından artışlar meydana gelmiştir. Sabit ve hareketli gölgeleme elemanı kullanımının enerji etkin iyileştirmedeki etkinliği irdelenebilir.
- Önerilen çift kabuk cephe sistemlerinde fotovoltaik panel ve yeşil cephe modülü camların önüne belirlenen bir boşluk ile eklenmiştir. Bu boşluk genişliğinin değişiminin etkileri veya fotovoltaik paneller ve yeşil cephe modüllerinin camlar ile entegrasyonunun enerji etkin iyileştirmedeki etkileri araştırılabilir.
- Bu çalışma ılımlı nemli iklim özellikleri taşıyan Samsun ili iklim verileri ile ele alınmıştır. Türkiye'nin diğer iklim bölgeleri için enerji tüketim hesabı yapılarak, önerilen çift kabuk cephe sistemlerinin iklim bölgelerindeki enerji etkin iyileştirme durumları incelenebilir.

6. KAYNAKLAR

- Akın, A., 2010. Yerleşme ve Bina Ölçeğinde İklimle Dengeli Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mart, İstanbul, 233-240.
- Ayçam, İ., 2011. Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi, X Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan, İzmir, 1593-1609.
- Başarır B. ve diğerleri., 2012, Energy Efficient Retrofit Methods at the Building Envelopes of the School Buildings, Turkey Conference, Şubat, İstanbul, 1-13.
- Bayraç, H.N., 2009. Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğalgaz kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10, 110-154.
- Bayraç, H.N., Çelikay, F., Çildir, M., 2018. Küreselleşme Sürecinde Enerji Politikaları, 25931, Ekin Yayinevi, Bursa.
- Bernardo, H. ve diğerleri, 2017. An Approach for Energy Performance and Indoor Climate Assessment in a Portuguese School Building, Sustainable Cities and Society, 30, 184–194.
- Duckworth, P., 2007. 6. The Benefits of Green Schools, 12th Architecture & Behaviour Colloquium, School Building Design and Learning Performance with a Focus on Schools in Developing Countries, Switzerland, 205-212.
- Earthman, G.I., 2002. School Facility Conditions and Student Academic Achievement, Virginia Polytechnic Institute, Williams Watch Series: Investigating the Claims of Williams v. State of California.
- Erdoğan E. ve diğerleri, 2014. Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Nisan, İstanbul.
- Güvenkaya, R.K., 2008. İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gökmen, H.S., 2012 Sürdürülebilir Okul Örneklerine Bir Bakış, Mimarlık Dergisi, 368.
- Like, V.D.R., 2009. Green Existing Schools Implementation Workbook, U.S. Green Building Council,
- Kayhan, K.S., 2006. Sürdürülebilir Mimarlığın Yarı Nemli Marmara İkliminde Tasarlanacak Temel Eğitim Binalarında İrdelenmesi ve Bir Yöntem Önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kayıhan, K.S. ve Tönük, S., 2011. Sürdürülebilirlik Bilincinin İnşa Edileceği Binalar Olma Yönü ile Temel Eğitim Okulları, Politeknik Dergisi, 14, 2, 163-171.
- Kiraz, F., 2003. Konvansiyonel ve Ekolojik Yapı Sistemlerinin İlk Yapım ve Kullanım Giderleri Açısından Kayseri Bağ Evi Örneğinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köhler, M., 2008. Green Facades-a view back and somevisions, Urban Ecosystems, 11, 423-436.
- İsmali, S. ve Mıhlayanlar E., 2013. Binalarda Enerji Verimliliği ve Yeşil Bina Sertifikası Almış Ulusal ve Uluslararası Örnek Binaların Değerlendirilmesi, Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Nisan, İzmir, 1585-1600.
- Lippman, P.C., 2012. The Influence of Design on Learning Outcomes, Learning in Twenty-First Century Schools Toward School Buildings That Promote Learning, Ensure Safety, and Protect the Environment, Report of a Meeting of the IDB Education Network, 3-17.
- Maçka Kalfa, S. Ve diğerleri, 2018. Yeşil bina kabuğu elemanlarının Çevresel Sürdürülebilirlik Bağlamında İncelenmesi, 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı, Nisan, İstanbul.
- Maçka, S., 2008. Türkiye İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkin Pencere Türlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Manioğlu, G., 1995. İklimsel Konfor ve Enerji Ekonomisi Açısından Isıtma Sisteminin İşletme Şekline Bağlı Olarak Bina Kabuğunun Isıl Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Manioğlu, G., 2002. Isıtma Enerjisi Ekonomisi ve Yaşam Dönemi Maliyeti Açısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Manioğlu, G., 2012. Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi, 7. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 126, 35-47.
- Niemela, T. ve diğerleri, 2016. Cost-optimal Energy Performance Renovation Measures of Educational Buildings in Cold Climate, Applied Energy, 183, 1005–1020.
- Ouf, M.M. ve Issa, M.H., 2017. Energy consumption analysis of school buildings in Manitoba, Canada, International Journal of Sustainable Built Environment, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.05.003>
- Özdemir, B., 2005. Sürdürülebilir Çevre için Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Pasalar, Ç., 2007. Spaces for Learning Through Better Social Interaction, 12th Architecture & Behaviour Colloquium, School Building Design and Learning Performance with a Focus on Schools in Developing Countries, Switzerland, 51-59.
- Rospi, G. ve diğerleri, 2017. Analysis of the energy performance strategies of school buildings sitein the Mediterranean climate: A case study the schools of Matera city, Energy and Buildings, 152,52–60.
- Reiser,C. ve diğerleri,2008. DIN 18599-Account for Primary Energy New Code Requires Dynamc Simülation, Third National Conference of IBPSA-USA Berkeley, California, 170.
- Salvalai, G. ve diğerleri, 2017. Analysis of Different Energy Conservation Strategies on Existing School Buildings in a Pre-Alpine Region, Energy and Buildings, 145, 92–106.
- Sekkia, T. ve diğerleri, 2017. Effect of energy measures on the values of energy efficiency indicatorsin Finnish daycare and school buildings, Energy and Buildings, 139, 124–132.
- Sev, A., 2009. Sürdürülebilir Mimarlık, YEM Yayınları, İstanbul.
- Shah, k., 2007. Architectural Quality in School Building Design: A view from India, 12th Architecture & Behaviour Colloquium, School Building Design and Learning Performance with a Focus on Schools in Developing Countries, Switzerland, 25-32.
- Soysal, S., 2008. Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketimi İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Stocker, E. ve diğerleri, 2015. Cost-optimal renovation and energy performance: Evidence fromexisting school buildings in the Alps, Energy and Buildings, 100, 20–26.
- Tahsildoosta, M. ve Zomorodianb, Z.S., 2015. Energy Retrofit Techniques: An Experimental Study of Two Typical School Buildings in Tehran, Energy and Buildings, 104, 65–72
- Tönük, S., 2001. Bina Tasarımında Ekoloj, Y.T.Ü. Basım Yayın Merkezi, İstanbul.
- Tsikraa, P. ve Andreoua, E., 2017. Investigation of the Energy Saving Potential in Existing School Buildings in Greece, The Role of Shading and Daylight Strategies in Visual Comfort and Energy Saving, International Conference on Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale, SBE16, Procedia Environmental Sciences, 38, 204-211.
- Turan Tombak, E., 2015. Binalarda Enerji Performans Direktifi ile Binalarda Enerji Performans Yönetmeliğinin Karşılaştırılması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 150, 61-73.

- Ulusoy, M. Ve Arslan, H.D., 2006. Beş Yıllık Eğitim Yapılarının Sekiz Yıllık Temel Eğitim Sistemine Fiziksel Adaptasyonunun Değerlendirilmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21, 3-4.
- Uzun, T., 1997. Mimari Tasarıma Ekolojik Yaklaşım, Adana'da Bir Tasarım Denemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- URL-1, <http://webdosya.csb.gov.tr/csb/dokumanlar/mhgm0002.pdf>. Binalarda Enerji Verimliliği AB ve Türkiye Mevzuatı. 12 Haziran 2017.
- URL-2, <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017>. 20 Haziran 2017.
- URL-3, https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_ch/PDF/Energy-Outlook-2018-edition-Booklet.pdf. 20 Mayıs 2018.
- URL-4, <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/buildings/>. 20 Eylül 2018.
- URL-5, <https://sgb.meb.gov.tr>. 20 Eylül 2018.
- URL-6, <https://ethw.org/Category:Environment>. 11 Ekim 2018.
- URL-7, <http://surdurulebilir-mimari.blogspot.com/2012/01/sfr-net-enerjili-okul-binas-los-angeles.html>. 21 Mart 2018.
- URL-8, <https://www.buildingenclosureonline.com/articles/84369-higher-education-design-implementing-zero-plus-energy-strategies>. 21 Mart 2018.
- URL-9, <https://www.dezeen.com/2017/02/06/university-kansas-architecture-school-extension-double-layered-glass-skin-studio-804/> 21 Mart 2018.
- URL-10, <http://surdurulebilir-mimari.blogspot.com/2015/01/ustun-breeam-sertifikal-carnegie.html>. 21 Mart 2018.
- URL-11, <http://www.arkitera.com/>. 8 Nisan 2019.
- URL-12, <https://eurlex.europa.eu/>. 24 Mart 2019.
- URL-13, <https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362>. 24 Mart 2019.
- URL-14, http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/prend/set4/WI_29_TC_approval_version_prEN_15459_Data_requirements.pdf. 24 Mart 2019.
- URL-15, <https://www.iso.org/standard/41974.html>. 24 Mart 2019.

- URL-16, <https://www.en-standard.eu/din-en-15251-indoor-environmental-input-parameters-for-design-and-assessment-of-energy-performance-of-buildings>. 24 Mart 2019.
- URL-17, <http://www.buildup.eu/en/practices/publications/energy-performance-certificates-en-15217-energy-performance-buildings-methods>. 24 Mart 2019.
- URL-18, <https://www.breeam.com/>. 12 Nisan 2019.
- URL-19, <https://new.gbca.org.au/green-star/>. 12 Nisan 2019.
- URL-20, <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/certificationE.htm>. 12 Nisan 2019.
- URL-21, https://www.dgnb-system.de/en/system/evaluation_and_awards/. 12 Nisan 2019.
- URL-22, <http://www.czgbc.org/news/new/133/sbtoolcz-national-certification-tool>. 12 Nisan 2019.
- URL-23, <https://www.usgbc.org/guide/bdc>. 12 Nisan 2019.
- URL-24, <https://www.nist.gov/el/energy-and-environment-division-73200/nist-multizone-modeling/software-tools/contam>. 18. Nisan 2019.
- URL-25, <http://daysim.ning.com/>. 18. Nisan 2019.
- URL-26, <https://designbuilder.co.uk/software/for-architects>. 18. Nisan 2019.
- URL-27, <https://knowledge.autodesk.com>. 18. Nisan 2019.
- URL-28, <https://energyplus.net/>. 18. Nisan 2019.
- URL-29, <https://energydesignresources.com/resources/software-tools/equest.aspx>. 18. Nisan 2019.
- Yeşilli, G., 2006. Gelişmiş Cephe Sistemlerinin Ekolojik Enerji Etkin Tasarım Çerçevesinde İncelenmesi İklim Verilerine Göre Değişimi ve Geleceğe Yönelik Öngörüler, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yangılı, D., 1999. İlköğretim Okullarının Program Araştırması ve Eski Okulların Yeni Programa Fiziksel Adaptasyonunun Sağlanması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, İstanbul.
- Yaşa, A., 2010. Mimari Kinetik Sistemler ve Performansa Dayalı Tasarım Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, A.Z., 2012. Bina Performans Modelleme ve Simülasyonları, Eko Yapı Dergisi,8, 124-127.
- Yüceer, N.S., 2015. Yapıda Çevre ve Enerji, 1211, Nobel Yayınları, Ankara.

Zinzia, M. ve diğeri, 2015. Energy and Environmental Monitoring of a School Building Deep Energy Renovation in Italy, 6th International Building Physics Conference IBPC, Energy Procedia, 78, 3318-3323.



7. EKLER

EK-1. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Isıtma enerjisi yıllık tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Isıtma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut ısıtma enerjisi yükü	Hesaplanan Isıtma enerjisi yükü	Isıtma enerjisi yükü azalış miktarı	Isıtma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	310633,86	10.811,96	3,36	6921,66	44,88
2	Berrak cam	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	314330,28	7.115,54	2,21	6909,53	45,49
3	Berrak cam	50 cm	3.katlar	321445,82	318253,97	3.191,85	0,99	6897,4	46,14
4	Berrak cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	310664,11	10.781,71	3,35	6921,66	44,88
5	Berrak cam	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	314268,21	7.177,61	2,23	6909,53	45,48
6	Berrak cam	100 cm	3.katlar	321445,82	318528,56	2.917,26	0,91	6897,4	46,18
7	Berrak cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	311402,9	10.042,92	3,12	6921,66	44,99
8	Berrak cam	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	314820,65	6.625,17	2,06	6909,53	45,56
9	Berrak cam	150 cm	3.katlar	321445,82	318391,65	3.054,17	0,95	6897,4	46,16
10	Low-e kaplamalı cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	304823,04	16.622,78	5,17	6921,66	44,04
11	Low-e kaplamalı cam	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	310913,56	10.532,26	3,28	6909,53	45,00
12	Low-e kaplamalı cam	50 cm	3.katlar	321445,82	317012,06	4.433,76	1,38	6897,4	45,96
13	Low-e kaplamalı cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	296937,08	24.508,74	7,62	6921,66	42,90
14	Low-e kaplamalı cam	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	302044,23	19.401,59	6,04	6909,53	43,71
15	Low-e kaplamalı cam	100 cm	3.katlar	321445,82	315782,38	5.663,44	1,76	6897,4	45,78
16	Low-e kaplamalı cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	299697,71	21.748,11	6,77	6921,66	43,30
17	Low-e kaplamalı cam	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	304014,07	17.431,75	5,42	6909,53	44,00
18	Low-e kaplamalı cam	150 cm	3.katlar	321445,82	318820,73	2.625,09	0,82	6897,4	46,22
19	Seçici geçirgen cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	298587,61	22.858,21	7,11	6921,66	43,14
20	Seçici geçirgen cam	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	306718,06	14.727,76	4,58	6909,53	44,39
21	Seçici geçirgen cam	50 cm	3.katlar	321445,82	314947,32	6.498,50	2,02	6897,4	45,66
22	Seçici geçirgen cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	301658,98	19.786,84	6,16	6921,66	43,58
23	Seçici geçirgen cam	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	308727,97	12.717,85	3,96	6909,53	44,68
24	Seçici geçirgen cam	100 cm	3.katlar	321445,82	320821,53	624,29	0,19	6897,4	46,51
25	Seçici geçirgen cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	305014,53	16.431,29	5,11	6921,66	44,07
26	Seçici geçirgen cam	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	311131,09	10.314,73	3,21	6909,53	45,03
27	Seçici geçirgen cam	150 cm	3.katlar	321445,82	317166,88	4.278,94	1,33	6897,4	45,98

EK-2. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Soğutma enerjisi yıllık tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Soğutma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut soğutma enerjisi yükü	Hesaplanan soğutma enerjisi yükü	Soğutma enerjisi yükü azalış miktarı	Soğutma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	686442,53	-7243,48	-1,07	6921,66	99,17
2	Berrak cam	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	680822,36	-1623,31	-0,24	6909,53	98,53
3	Berrak cam	50 cm	3.katlar	679199,05	678366,4	832,65	0,12	6897,4	98,35
4	Berrak cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	686487,81	-7288,76	-1,07	6921,66	99,18
5	Berrak cam	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	681289,48	-2090,43	-0,31	6909,53	98,60
6	Berrak cam	100 cm	3.katlar	679199,05	666223,17	12975,88	1,91	6897,4	96,59
7	Berrak cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	684716,2	-5517,15	-0,81	6921,66	98,92
8	Berrak cam	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	680288,74	-1089,69	-0,16	6909,53	98,46
9	Berrak cam	150 cm	3.katlar	679199,05	676424,64	2774,41	0,41	6897,4	98,07
10	Low-e kaplamalı cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	688270,5	-9071,45	-1,34	6921,66	99,44
11	Low-e kaplamalı cam	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	683986,49	-4787,44	-0,70	6909,53	98,99
12	Low-e kaplamalı cam	50 cm	3.katlar	679199,05	681123,64	-1924,59	-0,28	6897,4	98,75
13	Low-e kaplamalı cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	715315,87	-36116,82	-5,32	6921,66	103,34
14	Low-e kaplamalı cam	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	711735,59	-32536,54	-4,79	6909,53	103,01
15	Low-e kaplamalı cam	100 cm	3.katlar	679199,05	683550,14	-4351,09	-0,64	6897,4	99,10
16	Low-e kaplamalı cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	712811,15	-33612,1	-4,95	6921,66	102,98
17	Low-e kaplamalı cam	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	710150,59	-30951,54	-4,56	6909,53	102,78
18	Low-e kaplamalı cam	150 cm	3.katlar	679199,05	679007,78	191,27	0,03	6897,4	98,44
19	Seçici geçirgen cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	697910,86	-18711,81	-2,75	6921,66	100,83
20	Seçici geçirgen cam	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	689821,58	-10622,53	-1,56	6909,53	99,84
21	Seçici geçirgen cam	50 cm	3.katlar	679199,05	683867,71	-4668,66	-0,69	6897,4	99,15
22	Seçici geçirgen cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	695438,66	-16239,61	-2,39	6921,66	100,47
23	Seçici geçirgen cam	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	688795,94	-9596,89	-1,41	6909,53	99,69
24	Seçici geçirgen cam	100 cm	3.katlar	679199,05	677148,16	2050,89	0,30	6897,4	98,17
25	Seçici geçirgen cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	691085,49	-11886,44	-1,75	6921,66	99,84
26	Seçici geçirgen cam	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	686078,89	-6879,84	-1,01	6909,53	99,29
27	Seçici geçirgen cam	150 cm	3.katlar	679199,05	681971,9	-2772,85	-0,41	6897,4	98,87

EK-3. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Aydınlatma enerjisi yıllık tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Aydınlatma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut aydınlatma enerjisi yükü	Hesaplanan aydınlatma enerjisi yükü	Aydınlatma enerjisi yükü azalış miktarı	Aydınlatma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	28921,15	-1426,18	-5,19	6921,66	4,18
2	Berrak cam	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	28708,1	-1213,13	-4,41	6909,53	4,15
3	Berrak cam	50 cm	3.katlar	27494,97	28134,64	-639,67	-2,33	6897,4	4,08
4	Berrak cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	28809,3	-1314,33	-4,78	6921,66	4,16
5	Berrak cam	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	28595,8	-1100,83	-4,00	6909,53	4,14
6	Berrak cam	100 cm	3.katlar	27494,97	27782,58	-287,61	-1,05	6897,4	4,03
7	Berrak cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	28742,45	-1247,48	-4,54	6921,66	4,15
8	Berrak cam	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	28540,82	-1045,85	-3,80	6909,53	4,13
9	Berrak cam	150 cm	3.katlar	27494,97	28040,82	-545,85	-1,99	6897,4	4,07
10	Low-e kaplamalı cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	29648,75	-2153,78	-7,83	6921,66	4,28
11	Low-e kaplamalı cam	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	29206,81	-1711,84	-6,23	6909,53	4,23
12	Low-e kaplamalı cam	50 cm	3.katlar	27494,97	28377,15	-882,18	-3,21	6897,4	4,11
13	Low-e kaplamalı cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	28289,39	-794,42	-2,89	6921,66	4,09
14	Low-e kaplamalı cam	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	27979,4	-484,43	-1,76	6909,53	4,05
15	Low-e kaplamalı cam	100 cm	3.katlar	27494,97	28170,75	-675,78	-2,46	6897,4	4,08
16	Low-e kaplamalı cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	28238,74	-743,77	-2,71	6921,66	4,08
17	Low-e kaplamalı cam	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	27941,91	-446,94	-1,63	6909,53	4,04
18	Low-e kaplamalı cam	150 cm	3.katlar	27494,97	28306,16	-811,19	-2,95	6897,4	4,10
19	Seçici geçirgen cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	29245,51	-1750,54	-6,37	6921,66	4,23
20	Seçici geçirgen cam	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	28916,53	-1421,56	-5,17	6909,53	4,19
21	Seçici geçirgen cam	50 cm	3.katlar	27494,97	28226,42	-731,45	-2,66	6897,4	4,09
22	Seçici geçirgen cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	29158,4	-1663,43	-6,05	6921,66	4,21
23	Seçici geçirgen cam	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	28821,56	-1326,59	-4,82	6909,53	4,17
24	Seçici geçirgen cam	100 cm	3.katlar	27494,97	28081,5	-586,53	-2,13	6897,4	4,07
25	Seçici geçirgen cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	29081,3	-1586,33	-5,77	6921,66	4,20
26	Seçici geçirgen cam	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	28762,87	-1267,9	-4,61	6909,53	4,16
27	Seçici geçirgen cam	150 cm	3.katlar	27494,97	28147,79	-652,82	-2,37	6897,4	4,08

EK-4. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Yıllık birincil enerji tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 1 Yıllık birincil enerji tüketimi								
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut yıllık birincil enerji yükü	Hesaplanan yıllık birincil enerji yükü	Yıllık birincil enerji yükü azalış miktarı	yıllık birincil enerjisi performansı (%)	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1141883,44	1531,94	0,13	164,97
2	Berrak cam	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1139544,17	3871,21	0,34	164,92
3	Berrak cam	50 cm	3.katlar	1143415,38	1140234,79	3180,59	0,28	165,31
4	Berrak cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1141847,09	1568,29	0,14	164,97
5	Berrak cam	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1139836,94	3578,44	0,31	164,97
6	Berrak cam	100 cm	3.katlar	1143415,38	1128014,8	15400,58	1,35	163,54
7	Berrak cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1140747,3	2668,08	0,23	164,81
8	Berrak cam	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1139333,65	4081,73	0,36	164,89
9	Berrak cam	150 cm	3.katlar	1143415,38	1138336,83	5078,55	0,44	165,04
10	Low-e kaplamalı cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1138629,76	4785,62	0,42	164,83
11	Low-e kaplamalı cam	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1139791,09	3624,29	0,32	165,01
12	Low-e kaplamalı cam	50 cm	3.katlar	1143415,38	1141993,01	1422,37	0,12	165,41
13	Low-e kaplamalı cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1156430,56	-13015,18	-1,14	166,79
14	Low-e kaplamalı cam	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1157444,33	-14028,95	-1,23	167,16
15	Low-e kaplamalı cam	100 cm	3.katlar	1143415,38	1142983,38	432	0,04	165,71
16	Low-e kaplamalı cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1156635,38	-13220	-1,16	166,89
17	Low-e kaplamalı cam	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1157791,44	-14376,06	-1,26	167,25
18	Low-e kaplamalı cam	150 cm	3.katlar	1143415,38	1141614,25	1801,13	0,16	167,62
19	Seçici geçirgen cam	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1141631,79	1783,59	0,16	164,94
20	Seçici geçirgen cam	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1141140,95	2274,43	0,20	165,15
21	Seçici geçirgen cam	50 cm	3.katlar	1143415,38	1142521,74	893,64	0,08	165,65
22	Seçici geçirgen cam	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1142143,63	1271,75	0,11	165,01
23	Seçici geçirgen cam	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1142029,89	1385,49	0,12	165,28
24	Seçici geçirgen cam	100 cm	3.katlar	1143415,38	1141530,32	1885,06	0,16	165,50
25	Seçici geçirgen cam	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1141068,39	2346,99	0,21	164,85
26	Seçici geçirgen cam	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1141656,96	1758,42	0,15	165,07
27	Seçici geçirgen cam	150 cm	3.katlar	1143415,38	1142766,35	649,03	0,06	165,47

EK-5. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Isıtma enerjisi tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Isıtma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut ısıtma enerjisi yükü	Hesaplanan ısıtma enerjisi yükü	Isıtma enerjisi yükü azalış miktarı	Isıtma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	280528,77	40.917,05	12,73	6921,66	40,53
2	Berrak cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	292730,29	28.715,53	8,93	6909,53	42,37
3	Berrak cam+PV panel	50 cm	3.katlar	321445,82	299824,01	21.621,81	6,73	6897,4	43,47
4	Berrak cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	284092,12	37.353,70	11,62	6921,66	41,04
5	Berrak cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	297321,13	24.124,69	7,51	6909,53	43,03
6	Berrak cam+PV panel	100 cm	3.katlar	321445,82	311647,53	9.798,29	3,05	6897,4	45,18
7	Berrak cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	289452,44	31.993,38	9,95	6921,66	41,82
8	Berrak cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	299632,73	21.813,09	6,79	6909,53	43,37
9	Berrak cam+PV panel	150 cm	3.katlar	321445,82	313164,9	8.280,92	2,58	6897,4	45,40
10	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	292958,03	28.487,79	8,86	6921,66	42,32
11	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	299144,87	22.300,95	6,94	6909,53	43,29
12	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	3.katlar	321445,82	313191,77	8.254,05	2,57	6897,4	45,41
13	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	297450,03	24.005,34	7,47	6921,66	42,97
14	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	295945,96	25.499,86	7,93	6909,53	42,83
15	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	3.katlar	321445,82	314258,34	7.187,48	2,24	6897,4	45,56
16	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	293499,35	27.946,47	8,69	6921,66	42,40
17	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	306450,47	14.995,35	4,66	6909,53	44,35
18	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	3.katlar	321445,82	316951,16	4.494,66	1,40	6897,4	45,95
19	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	279570,95	41.874,87	13,03	6921,66	40,39
20	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	299144,87	22.300,95	6,94	6909,53	43,29
21	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	3.katlar	321445,82	313325,1	8.120,72	2,53	6897,4	45,43
22	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	286071,04	35.374,78	11,00	6921,66	41,33
23	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	301525,08	19.920,74	6,20	6909,53	43,64
24	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	3.katlar	321445,82	306086,22	15.359,60	4,78	6897,4	44,38
25	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	297966,28	23.479,54	7,30	6921,66	43,05
26	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	305539,1	15.906,72	4,95	6909,53	44,22
27	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	3.katlar	321445,82	311077,06	10.368,76	3,23	6897,4	45,10

EK-6. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Soğutma enerjisi tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Soğutma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut soğutma enerjisi yükü	Hesaplanan soğutma enerjisi yükü	Soğutma enerjisi yükü azalış miktarı	Soğutma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	739019,47	-59820,42	-8,81	6921,66	106,77
2	Berrak cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	716456,93	-37257,88	-5,49	6909,53	103,69
3	Berrak cam+PV panel	50 cm	3.katlar	679199,05	707287,52	-28088,47	-4,14	6897,4	102,54
4	Berrak cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	732501,3	-53302,25	-7,85	6921,66	105,83
5	Berrak cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	710620,39	-31421,34	-4,63	6909,53	102,85
6	Berrak cam+PV panel	100 cm	3.katlar	679199,05	688406,59	-9207,54	-1,36	6897,4	99,81
7	Berrak cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	722454,27	-43255,22	-6,37	6921,66	104,38
8	Berrak cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	705017,91	-25818,86	-3,80	6909,53	102,04
9	Berrak cam+PV panel	150 cm	3.katlar	679199,05	686365,24	-7166,19	-1,06	6897,4	99,51
10	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	705069,14	-25870,09	-3,81	6921,66	101,86
11	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	700727,81	-21528,76	-3,17	6909,53	101,41
12	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	3.katlar	679199,05	685531,58	-6332,53	-0,93	6897,4	99,39
13	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	699268,65	-20069,6	-2,95	6921,66	101,03
14	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	709241,33	-30042,28	-4,42	6909,53	102,65
15	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	3.katlar	679199,05	679746,57	-547,52	-0,08	6897,4	98,55
16	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	710319,87	-31120,82	-4,58	6921,66	102,62
17	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	691875,49	-12676,44	-1,87	6909,53	100,13
18	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	3.katlar	679199,05	675547,62	3651,43	0,54	6897,4	97,94
19	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	731065,79	-51866,74	-7,64	6921,66	105,62
20	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	700727,81	-21528,76	-3,17	6909,53	101,41
21	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	3.katlar	679199,05	685032,86	-5833,81	-0,86	6897,4	99,32
22	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	721293,7	-42094,65	-6,20	6921,66	104,21
23	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	697382,3	-18183,25	-2,68	6909,53	100,93
24	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	3.katlar	679199,05	695453,51	-16254,46	-2,39	6897,4	100,83
25	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	707341,18	-28142,13	-4,14	6921,66	102,19
26	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	695517,96	-16318,91	-2,40	6909,53	100,66
27	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	3.katlar	679199,05	686254,72	-7055,67	-1,04	6897,4	99,49

EK-7. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Aydınlatma enerjisi tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Aydınlatma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut aydınlatma enerjisi yükü	Hesaplanan aydınlatma enerjisi yükü	Aydınlatma enerjisi yükü azalış miktarı	Aydınlatma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	35102,04	-7607,07	-27,67	6921,66	5,07
2	Berrak cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	33095,33	-5600,36	-20,37	6909,53	4,79
3	Berrak cam+PV panel	50 cm	3.katlar	27494,97	30346,69	-2851,72	-10,37	6897,4	4,40
4	Berrak cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34441,36	-6946,39	-25,26	6921,66	4,98
5	Berrak cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	32604,07	-5109,1	-18,58	6909,53	4,72
6	Berrak cam+PV panel	100 cm	3.katlar	27494,97	30145,96	-2650,99	-9,64	6897,4	4,37
7	Berrak cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	33864,83	-6369,86	-23,17	6921,66	4,89
8	Berrak cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	32180,83	-4685,86	-17,04	6909,53	4,66
9	Berrak cam+PV panel	150 cm	3.katlar	27494,97	29964,42	-2469,45	-8,98	6897,4	4,34
10	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	35327,52	-7832,55	-28,49	6921,66	5,10
11	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	33186,12	-5691,15	-20,70	6909,53	4,80
12	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	3.katlar	27494,97	30410,45	-2915,48	-10,60	6897,4	4,41
13	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	35040,22	-7545,25	-27,44	6921,66	5,06
14	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	32657,01	-5162,04	-18,77	6909,53	4,73
15	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	3.katlar	27494,97	30254,31	-2759,34	-10,04	6897,4	4,39
16	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34359,16	-6864,19	-24,97	6921,66	4,96
17	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	32543,01	-5048,04	-18,36	6909,53	4,71
18	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	3.katlar	27494,97	30246,61	-2751,64	-10,01	6897,4	4,39
19	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	35224,94	-7729,97	-28,11	6921,66	5,09
20	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	33186,12	-5691,15	-20,70	6909,53	4,80
21	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	3.katlar	27494,97	30382,33	-2887,36	-10,50	6897,4	4,40
22	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34769,46	-7274,49	-26,46	6921,66	5,02
23	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	32846,46	-5351,49	-19,46	6909,53	4,75
24	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	3.katlar	27494,97	30213,55	-2718,58	-9,89	6897,4	4,38
25	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34185,43	-6690,46	-24,33	6921,66	4,94
26	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	32419,87	-4924,9	-17,91	6909,53	4,69
27	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	3.katlar	27494,97	30135,88	-2640,91	-9,61	6897,4	4,37

EK-8. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Yıllık birincil enerji tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 2 Yıllık birincil enerji tüketimi								
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut yıllık birincil enerji yükü	Hesaplanan yıllık birincil enerji yükü	Yıllık birincil enerji yükü azalış miktarı	yıllık birincil enerjisi performansı (%)	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1170539,05	-27123,67	-2,37	169.11
2	Berrak cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1157968,23	-14552,85	-1,27	167.59
3	Berrak cam+PV panel	50 cm	3.katlar	1143415,38	1152939,83	-9524,45	-0,83	167.16
4	Berrak cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1166923,03	-23507,65	-2,06	168.59
5	Berrak cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1156230,77	-12815,39	-1,12	167.34
6	Berrak cam+PV panel	100 cm	3.katlar	1143415,38	1145680,7	-2265,32	-0,20	166.10
7	Berrak cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1161659,45	-18244,07	-1,60	167.83
8	Berrak cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1152516,54	-9101,16	-0,80	166.80
9	Berrak cam+PV panel	150 cm	3.katlar	1143415,38	1144975,1	-1559,72	-0,14	166.00
10	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1149243,3	-5827,92	-0,51	166,04
11	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1148744,28	-5328,9	-0,47	166,26
12	Low-e kaplamalı cam+PV panel	50 cm	3.katlar	1143415,38	1144614,5	-1199,12	-0,10	166,19
13	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1147647,2	-4231,82	-0,37	165,81
14	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1153529,84	-10114,46	-0,88	166,95
15	Low-e kaplamalı cam+PV panel	100 cm	3.katlar	1143415,38	1139739,86	3675,52	0,32	165,24
16	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1154066,5	-10651,12	-0,93	166,73
17	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1146553,58	-3138,2	-0,27	165,34
18	Low-e kaplamalı cam+PV panel	150 cm	3.katlar	1143415,38	1138225,75	5189,63	0,45	165,02
19	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1161751,12	-18335,74	-1,60	167,97
20	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1148744,28	-5328,9	-0,47	166,26
21	Seçici geçirgen cam+PV Panel	50 cm	3.katlar	1143415,38	1144221,15	-805,77	-0,07	166,16
22	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1158023,08	-14607,7	-1,28	167,30
23	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1147439,15	-4023,77	-0,35	166,07
24	Seçici geçirgen cam+PV Panel	100 cm	3.katlar	1143415,38	1147234,58	-3819,2	-0,33	166,33
25	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1155380,26	-11964,88	-1,05	166,92
26	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1149161,5	-5746,12	-0,50	166,32
27	Seçici geçirgen cam+PV Panel	150 cm	3.katlar	1143415,38	1142948,6	466,78	0,04	165,71

EK-9. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Isıtma enerjisi yıllık tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Isıtma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut ısıtma enerjisi yükü	Hesaplanan ısıtma enerjisi yükü	Isıtma enerjisi yükü azalış miktarı	Isıtma enerjisi perf. (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	268717,19	52.728,63	16,40	6921,66	38,82
2	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	283944,32	37.501,50	11,67	6909,53	41,09
3	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	3.katlar	321445,82	303176,61	18.269,21	5,68	6897,4	43,96
4	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	273372,49	48.073,33	14,96	6921,66	39,50
5	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	298341,15	23.104,67	7,19	6909,53	43,18
6	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	3.katlar	321445,82	311887,57	9.558,25	2,97	6897,4	45,22
7	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	272734,15	48.711,67	15,15	6921,66	39,40
8	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	289930,71	31.515,11	9,80	6909,53	41,96
9	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	3.katlar	321445,82	306988,86	14.456,96	4,50	6897,4	44,51
10	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	288036,35	33.409,47	10,39	6921,66	41,61
11	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	298251,77	23.194,05	7,22	6909,53	43,17
12	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	321445,82	315186,79	6.259,03	1,95	6897,4	45,70
13	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	300967,7	20.478,12	6,37	6921,66	43,48
14	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	309829,42	11.616,40	3,61	6909,53	44,84
15	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	321445,82	317347,65	4.098,17	1,27	6897,4	46,01
16	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	300846,06	20.599,76	6,41	6921,66	43,46
17	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	309746,68	11.699,14	3,64	6909,53	44,83
18	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	321445,82	317697,04	3.748,78	1,17	6897,4	46,06
19	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	280269,22	41.176,60	12,81	6921,66	40,49
20	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	321445,82	292003,61	29.442,21	9,16	6909,53	42,26
21	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	321445,82	312711,42	8.734,40	2,72	6897,4	45,34
22	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	288983,53	32.462,29	10,10	6921,66	41,75
23	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	321445,82	303516,33	17.929,49	5,58	6909,53	43,93
24	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	321445,82	315279,04	6.166,78	1,92	6897,4	45,71
25	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	321445,82	291020,51	30.425,31	9,47	6921,66	42,04
26	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	321445,82	304790,33	16.655,49	5,18	6909,53	44,11
27	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	321445,82	315943,16	5.502,66	1,71	6897,4	45,81

EK-10. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Soğutma enerjisi yıllık tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Soğutma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut soğutma enerjisi yükü	Hesaplanan soğutma enerjisi yükü	Soğutma enerjisi yükü azalış miktarı	Soğutma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	761773,97	-82574,92	-12,16	6921,66	110,06
2	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	716661,87	-37462,82	-5,52	6909,53	103,72
3	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	3.katlar	679199,05	684598,42	-5399,37	-0,79	6897,4	99,25
4	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	739408	-60208,95	-8,86	6921,66	106,83
5	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	679805,99	-606,94	-0,09	6909,53	98,39
6	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	3.katlar	679199,05	670542,51	8656,54	1,27	6897,4	97,22
7	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	756147,24	-76948,19	-11,33	6921,66	109,24
8	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	723915,31	-44716,26	-6,58	6909,53	104,77
9	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	3.katlar	679199,05	695033,62	-15834,57	-2,33	6897,4	100,77
10	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	714474,02	-35274,97	-5,19	6921,66	103,22
11	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	700919,24	-21720,19	-3,20	6909,53	101,44
12	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	679199,05	668576,37	10622,68	1,56	6897,4	96,93
13	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	682843,49	-3644,44	-0,54	6921,66	98,65
14	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	672549,01	6650,04	0,98	6909,53	97,34
15	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	679199,05	665887,27	13311,78	1,96	6897,4	96,54
16	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	682118,53	-2919,48	-0,43	6921,66	98,55
17	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	671877,28	7321,77	1,08	6909,53	97,24
18	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	679199,05	664294,3	14904,75	2,19	6897,4	96,31
19	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	728887,47	-49688,42	-7,32	6921,66	105,31
20	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	679199,05	717754,2	-38555,15	-5,68	6909,53	103,88
21	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	679199,05	682484,33	-3285,28	-0,48	6897,4	98,95
22	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	716139,64	-36940,59	-5,44	6921,66	103,46
23	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	679199,05	695017,4	-15818,35	-2,33	6909,53	100,59
24	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	679199,05	679189,97	9,08	0,00	6897,4	98,47
25	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	679199,05	712724,61	-33525,56	-4,94	6921,66	102,97
26	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	679199,05	692475,54	-13276,49	-1,95	6909,53	100,22
27	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	679199,05	677764,99	1434,06	0,21	6897,4	98,26

EK-11. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Aydınlatma enerjisi yıllık tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Aydınlatma enerjisi yıllık tüketimi									
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut aydınlatma enerjisi yükü	Hesaplanan aydınlatma enerjisi yükü	Aydınlatma enerjisi yükü azalış miktarı	Aydınlatma enerjisi performansı (%)	Bina toplam alan	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	35103,07	-7608,1	-27,67	6921,66	5,07
2	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	32865,26	-5370,29	-19,53	6909,53	4,76
3	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	3.katlar	27494,97	30104,44	-2609,47	-9,49	6897,4	4,36
4	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	31885,44	-4390,47	-15,97	6921,66	4,61
5	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	32194,53	-4699,56	-17,09	6909,53	4,66
6	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	3.katlar	27494,97	29891,41	-2396,44	-8,72	6897,4	4,33
7	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	33866,46	-6371,49	-23,17	6921,66	4,89
8	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	32182,56	-4687,59	-17,05	6909,53	4,66
9	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	3.katlar	27494,97	29968,5	-2473,53	-9,00	6897,4	4,34
10	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	35324,2	-7829,23	-28,48	6921,66	5,10
11	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	33187	-5692,03	-20,70	6909,53	4,80
12	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	27494,97	30171,66	-2676,69	-9,74	6897,4	4,37
13	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34805,69	-7310,72	-26,59	6921,66	5,03
14	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	32820,03	-5325,06	-19,37	6909,53	4,75
15	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	27494,97	30089,82	-2594,85	-9,44	6897,4	4,36
16	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34529,46	-7034,49	-25,58	6921,66	4,99
17	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	32618,47	-5123,5	-18,63	6909,53	4,72
18	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	27494,97	30006,03	-2511,06	-9,13	6897,4	4,35
19	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	35227,11	-7732,14	-28,12	6921,66	5,09
20	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	27494,97	33161,17	-5666,2	-20,61	6909,53	4,80
21	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	27494,97	30385,21	-2890,24	-10,51	6897,4	4,41
22	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34769,6	-7274,63	-26,46	6921,66	5,02
23	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	27494,97	32845,65	-5350,68	-19,46	6909,53	4,75
24	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	27494,97	30247,57	-2752,6	-10,01	6897,4	4,39
25	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	27494,97	34361,1	-6866,13	-24,97	6921,66	4,96
26	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	27494,97	32545,6	-5050,63	-18,37	6909,53	4,71
27	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	27494,97	30121,68	-2626,71	-9,55	6897,4	4,37

EK-12. Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Yıllık birincil enerji tüketimi

Çift kabuk Cephe sistem/Öneri 3 Yıllık birincil enerji tüketimi								
	Cam tipi	Boşluk genişliği	Uygulanan katlar	Mevcut yıllık birincil enerji yükü	Hesaplanan yıllık birincil enerji yükü	Yıllık birincil enerji yükü azalış miktarı	Yıllık birincil enerjisi perf. (%)	Birim enerji (m2)
1	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1181484,07	-38068,69	-3,33	170.69
2	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1149158,53	-5743,15	-0,50	166.32
3	Berrak cam+yeşilcephe	50 cm	3.katlar	1143415,38	1133361,74	10053,64	0,88	164.32
4	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1160555,57	-17140,19	-1,50	167.67
5	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1126027,38	17388	1,52	162.97
6	Berrak cam+yeşilcephe	100 cm	3.katlar	1143415,38	1127802,97	15612,41	1,37	163.51
7	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1178637,32	-35221,94	-3,08	170.28
8	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1161714,47	-18299,09	-1,60	168.13
9	Berrak cam+yeşilcephe	150 cm	3.katlar	1143415,38	1147472,05	-4056,67	-0,35	166.36
10	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1153723,2	-10307,82	-0,90	166,68
11	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1148044,41	-4629,03	-0,40	166,15
12	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	1143415,38	1129416,2	13999,18	1,22	163,75
13	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1134505,38	8910	0,78	168,06
14	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1130884,01	12531,37	1,10	163,67
15	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	1143415,38	1128805,83	14609,55	1,28	163,66
16	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1133382,62	10032,76	0,88	163,74
17	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1129928,03	13487,35	1,18	163,53
18	Low-e kaplamalı cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	1143415,38	1127478,44	15936,94	1,39	163,46
19	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1160273,12	-16857,74	-1,47	167,63
20	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1158604,96	-15189,58	-1,33	167,68
21	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	50 cm	3.katlar	1143415,38	1141061,81	2353,57	0,21	165,43
22	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1155781,07	-12365,69	-1,08	166,98
23	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1147064,38	-3649	-0,32	166,01
24	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	100 cm	3.katlar	1143415,38	1140196,94	3218,44	0,28	165,31
25	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	1.,2.,3.katlar	1143415,38	1153994	-10578,62	-0,93	166,72
26	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	2.,3.katlar	1143415,38	1145496,42	-2081,04	-0,18	165,79
27	Seçici geçirgen cam+yeşil cephe	150 cm	3.katlar	1143415,38	1139310,28	4105,1	0,36	165,18

EK-13. Çift kabuk Cephe sistemleri önerileri performans gösterge tablosu/Isıtma enerjisi

Çift Kabuk Cephe Sistemleri Önerileri Performans Gösterge Tablosu/ Isıtma Enerjisi Yüğü (%)											
			Öneri-1			Öneri-2			Öneri-3		
			Berrak cam			Berrak cam+PV Panel			Berrak cam+Yeşil cephe modülü		
			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
			50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat		3,36	3,35	3,12	12,73	11,62	9,95	16,40	14,96	15,15
	2.3. kat		2,21	2,23	2,06	8,93	7,51	6,79	11,67	7,19	9,80
	3. kat		0,99	0,91	0,95	6,73	3,05	2,58	5,68	2,97	4,50
			Low-e cam			Low-e cam+PV Panel			Low-e cam+Yeşil cephe modülü		
			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
			50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat		5,17	7,62	6,77	8,86	7,47	8,69	10,39	6,37	6,41
	2.3. kat		3,28	6,04	5,42	6,94	7,93	4,66	7,22	3,61	3,64
	3. kat		1,38	1,76	0,82	2,57	2,24	1,40	1,95	1,27	1,17
			Seçici geçirgen cam			Seçici geçirgen cam+PV Panel			Seçici geçirgen cam+Yeşil cephe modülü		
			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
			50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat		7,11	6,16	5,11	13,03	11,00	7,30	12,81	10,10	9,47
	2.3. kat		4,58	3,96	3,21	6,94	6,20	4,95	9,16	5,58	5,18
	3. kat		2,02	0,19	1,33	2,53	4,78	3,23	2,72	1,92	1,71

EK-14. Çift kabuk Cephe sistemleri önerileri performans gösterge tablosu/Soğutma enerjisi

Çift Kabuk Cephe Sistemleri Önerileri Performans Gösterge Tablosu/ Soğutma Enerjisi Yüğü (%)										
		Öneri-1			Öneri-2			Öneri-3		
		Berrak cam			Berrak cam+PV Panel			Berrak cam+Yeşil cephe modülü		
		Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
		50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat	-1,07	-1,07	-0,81	-8,81	-7,85	-6,37	-12,16	-8,86	-11,33
	2.3. kat	-0,24	-0,31	-0,16	-5,49	-4,63	-3,80	-5,52	-0,09	-6,58
	3. kat	0,12	1,91	0,41	-4,14	-1,36	-1,06	-0,79	1,27	-2,33
		Low-e cam			Low-e cam+PV Panel			Low-e cam+Yeşil cephe modülü		
		Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
		50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat	-1,34	-5,32	-4,95	-3,81	-2,95	-4,58	-5,19	-0,54	-0,43
	2.3. kat	-0,70	-4,79	-4,56	-3,17	-4,42	-1,87	-3,20	0,98	1,08
	3. kat	-0,28	-0,64	0,03	-0,93	-0,08	0,54	1,56	1,96	2,19
		Seçici geçirgen cam			Seçici geçirgen cam+PV Panel			Seçici geçirgen cam+Yeşil cephe modülü		
		Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
		50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat	-2,75	-2,39	-1,75	-7,64	-6,20	-4,14	-7,32	-5,44	-4,94
	2.3. kat	-1,56	-1,41	-1,01	-3,17	-2,68	-2,40	-5,68	-2,33	-1,95
	3. kat	-0,69	0,30	-0,41	-0,86	-2,39	-1,04	-0,48	0,00	0,21

EK-15. Çift kabuk Cephe sistemleri önerileri performans gösterge tablosu/Aydınlatma enerjisi

Çift Kabuk Cephe Sistemleri Önerileri Performans Gösterge Tablosu/ Aydınlatma Enerjisi Yüğü(%)											
			Öneri-1			Öneri-2			Öneri-3		
			Berrak cam			Berrak cam+PV Panel			Berrak cam+Yeşil cephe modülü		
			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
			50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat		-5,19	-4,78	-4,54	-27,67	-25,26	-23,17	-27,67	-15,97	-23,17
	2.3.kat		-4,41	-4,00	-3,80	-20,37	-18,58	-17,04	-19,53	-17,09	-17,05
	3.kat		-2,33	-1,05	-1,99	-10,37	-9,64	-8,98	-9,49	-8,72	-9,00
			Low-e cam			Low-e cam+PV Panel			Low-e cam+Yeşil cephe modülü		
			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
			50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat		-7,83	-2,89	-2,71	-28,49	-27,44	-24,97	-28,48	-26,59	-25,58
	2.3.kat		-6,23	-1,76	-1,63	-20,70	-18,77	-18,36	-20,70	-19,37	-18,63
	3.kat		-3,21	-2,46	-2,95	-10,60	-10,04	-10,01	-9,74	-9,44	-9,13
			Seçici geçirgen cam			Seçici geçirgen cam+PV Panel			Seçici geçirgen cam+Yeşil cephe modülü		
			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
			50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat		-6,37	-6,05	-5,77	-28,11	-26,46	-24,33	-28,12	-26,46	-24,97
	2.3.kat		-5,17	-4,82	-4,61	-20,70	-19,46	-17,91	-20,61	-19,46	-18,37
	3.kat		-2,66	-2,13	-2,37	-10,50	-9,89	-9,61	-10,51	-10,01	-9,55

EK-16. Çift kabuk Cephe sistemleri önerileri performans gösterge tablosu/Yıllık birincil enerjisi

Çift Kabuk Cephe Sistemleri Önerileri Performans Gösterge Tablosu/ Yıllık Birincil Enerjisi Yüğü(%)										
		Öneri-1			Öneri-2			Öneri-3		
		Berrak cam			Berrak cam+PV Panel			Berrak cam+Yeşil cephe modülü		
		Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
		50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat	0,13	0,14	0,23	-2,37	-2,06	-1,60	-3,33	-1,50	-3,08
	2.3. kat	0,34	0,31	0,36	-1,27	-1,12	-0,80	-0,50	1,52	-1,60
	3. kat	0,28	1,35	0,44	-0,83	-0,20	-0,14	0,88	1,37	-0,35
		Low-e cam			Low-e cam+PV Panel			Low-e cam+Yeşil cephe modülü		
		Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
		50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat	0,42	-1,14	-1,16	-0,51	-0,37	-0,93	-0,90	0,78	0,88
	2.3. kat	0,32	-1,23	-1,26	-0,47	-0,88	-0,27	-0,40	1,10	1,18
	3. kat	0,12	0,04	0,16	-0,10	0,32	0,45	1,22	1,28	1,39
		Seçici geçirgen cam			Seçici geçirgen cam+PV Panel			Seçici geçirgen cam+Yeşil cephe modülü		
		Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı			Boşluk genişliğı		
		50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm	50 cm	100 cm	150 cm
Uygulama yeri	1.2.3.kat	0,16	0,11	0,21	-1,60	-1,28	-1,05	-1,47	-1,08	-0,93
	2.3. kat	0,20	0,12	0,15	-0,47	-0,35	-0,50	-1,33	-0,32	-0,18
	3. kat	0,08	0,16	0,06	-0,07	-0,33	0,04	0,21	0,28	0,36

ÖZGEÇMİŞ

Semra Bakkal 06.07.1987 tarihinde Kayseri’ de doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini Kayseri’de tamamlamıştır. Lise eğitimini Kayseri Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesinde bitirmiştir. 2008 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü’nden 2012 yılında mezun olmuştur. 2012– 2013 döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programına başlamıştır. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.















